

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DANILO DE ARAÚJO FRANÇA**

**MARINA TEIXEIRA SIMÕES**

**TIJOLO SOLO-CIMENTO: PROCESSO PRODUTIVO E SUAS  
VANTAGENS ECONÔMICAS E AMBIENTAIS**

**ANÁPOLIS / GO**

**2018**

**DANILO DE ARAÚJO FRANÇA  
MARINA TEIXEIRA SIMÕES**

**TIJOLO SOLO-CIMENTO: PROCESSO PRODUTIVO E  
SUAS VANTAGENS ECONÔMICAS E AMBIENTAIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO  
AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA  
UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO ESPÍRITO  
SANTO GOMES**

**ANÁPOLIS / GO: 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

FRANÇA, DANILO DE ARAÚJO/ SIMÕES, MARINA TEIXEIRA

Tijolo solo-cimento: Processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais.

57P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. Tijolo solo-cimento | 2. Fabricação      |
| 3. Sustentabilidade    | 4. Alvenaria       |
| I. ENC/UNI             | II. Título (Série) |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRANÇA, Danilo de Araújo; SIMÕES, Marina Teixeira. **Tijolo solo-cimento:** Processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais. Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis-GO, 57p., 2018.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Danilo de Araújo França

Marina Teixeira Simões

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Tijolo solo-cimento: Processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica 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.

Danilo de Araújo França

Danilo de Araújo França

E-mail: danilodearaujo\_franca@hotmail.com

Marina Teixeira Simões

Marina Teixeira Simões

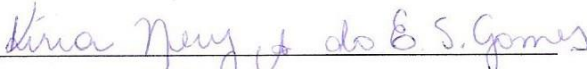
E-mail: marisimoes\_@hotmail.com

**DANILO DE ARAÚJO FRANÇA**  
**MARINA TEIXEIRA SIMÕES**

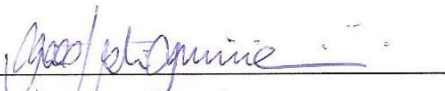
**TIJOLO SOLO-CIMENTO: PROCESSO PRODUTIVO E SUAS  
VANTAGENS ECONÔMICAS E AMBIENTAIS**

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

**APROVADO POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**KÍRIA NERY ALVES DO ESPÍRITO SANTO GOMES, Mestra (UniEvangélica)**  
**(ORIENTADORA)**

  
\_\_\_\_\_  
**AGNALDO ANTÔNIO M. T. DA SILVA, Especialista (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

  
\_\_\_\_\_  
**JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de Junho de 2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer primordialmente à Deus, por ter me dado saúde, força e capacitação para ter chegado até aqui.

Aos meus pais, por terem me ajudado a vencer todas as barreiras, pelo incentivo e amor durante todo o período de trabalho.

Agradecer à Prof.<sup>a</sup> Kíria, por ter me orientado nesta jornada, mesmo sendo solicitada de última hora e com pouco tempo, não deixou de me auxiliar. Também agradecer à Prof.<sup>a</sup> Ana Lúcia, que sempre esteve disposta a tirar dúvidas e esclarecer problemas no decorrer do semestre.

Agradecer a todos que de alguma forma me apoiaram nessa etapa decisiva da vida acadêmica. Em especial também, à minha dupla de trabalho, Marina Teixeira Simões, que sempre esteve presente para que o concluíssemos com vigência.

Danilo de Araújo França

## AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento à Deus, por me guiar na direção certa, mesmo quando tive dúvida. Obrigada Senhor, porque teus planos são maiores que os meus.

Aos meus pais, Afonso e Christianne, que sempre me incentivaram e não mediram esforços para que eu tivesse o melhor estudo possível. Se hoje concluo essa graduação, é porque eles fizeram do meu sonho o sonho deles.

À minha irmã, Mariana, pelo estímulo, ainda que à distância. Obrigada pelas suas orações e pelas palavras de ânimo.

À todos os professores, em especial à Prof.<sup>a</sup> orientadora Kíria, por transmitir seus conhecimentos e sempre estar disposta a me orientar, dedicando parte do seu tempo a mim.

E, por último, mas não menos especial, à minha dupla, Danilo de Araújo França, por todos os momentos em que aprendemos juntos. Obrigada, vou levá-lo não apenas como colega de profissão, mas como amigo para toda vida.

Minha eterna gratidão a todos aqueles que colaboraram para que este sonho pudesse ser concretizado.

Marina Teixeira Simões

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo descrever todo o processo de fabricação do tijolo solo-cimento, destacando suas vantagens construtivas e sustentáveis. Foram utilizados artigos e dissertações para a realização da pesquisa à respeito deste material. O tijolo solo-cimento é um material construtivo feito a base de água, cimento e solo, produzido por meio de prensa. Seu processo de produção não é utilizado a queima, evitando assim a poluição ao meio ambiente, originando um material de forma sustentável e de destaque, pois apresenta princípios de sustentabilidade, grande eficiência construtiva e economia durante a construção. É um objeto não muito estudado na Engenharia Civil, por sua falta de divulgação. Também apresenta algumas desvantagens que devem ser consideradas, como a falta de padronização e mão de obra qualificada para trabalhar com ele. Apesar das desvantagens, a funcionalidade dentro da obra, o conforto térmico, a praticidade da passagem de dutos elétricos e hidráulicos e a rapidez da construção, faz com que o uso do tijolo solo-cimento seja viável atualmente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tijolo solo-cimento. Sustentabilidade. Fabricação.

## **ABSTRACT**

The present work aims to describe the entire process of manufacturing soil-cement brick, highlighting its constructive and sustainable advantages. Articles and dissertations were used to carry out the research on this material. The soil-cement brick is a construction material made of water, cement and soil, produced by means of press. Its production process is not used the burning, thus avoiding pollution to the environment, a sustainable material and, because it presents principles of sustainability, great constructive efficiency and economy during construction. It is an object not very studied in Civil Engineering by its lack of disclosure. It also has some drawbacks to consider, such as the lack of standardization and skilled labor to work with him. Despite the drawbacks, the functionality inside the work, the thermal comfort, the practicality of the passage of electric and hydraulic ducts and the quick construction, makes the use of brick soil-cement is currently viable.

**KEYWORDS:**Soil-cement brick. Sustainability. Manufacture.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide Quéops.....	18
Figura 2 - Peneira Elétrica.....	30
Figura 3 - Observação Prática da Umidade Ideal do Solo-Cimento.....	32
Figura 4 - Observação Prática da Umidade Ideal do Solo-Cimento.....	32
Figura 5 - Prensa Hidráulica.....	33
Figura 6 - Prensa Manual.....	34
Figura 7 - Prensa Automática.....	34
Figura 8 - Modelo do Tijolo ou Bloco Vazado.....	36
Figura 9 - Tijolo Vazado Sendo Aplicado em uma Parede.....	36
Figura 10- Modelo do Meio Tijolo.....	37
Figura 11- Imagem Ampliada do Meio Tijolo Sendo Posicionado na Quina da Parede.....	37
Figura 12- Modelo do Tijolo Maciço.....	38
Figura 13 - Canaletas Instaladas em Parede.....	39
Figura 14- Modelo de Canaleta.....	39
Figura 15 - Paver Aplicado em Estacionamento.....	40
Figura 16 - Aplicação de Paver em Parede.....	40
Figura 17 - Parede de Tijolo Solo-Cimento Exibindo a Espessura do Revestimento.....	41
Figura 18- Parede de Tijolo Tradicional Exibindo a Espessura do Revestimento.....	41
Figura 19- Ilustração de Aplicação de Dutos em Tijolos Modulares.....	42
Figura 20 - Preenchimento das Colunas Pelos Vãos do Tijolo.....	42
Figura 21 - Distribuição das Colunas.....	43
Figura 22 - Formação de Câmaras Termo-Acústicas.....	43
Figura 23 - Residência com Pintura Direta naAlvenaria.....	44
Figura 24 - Olaria Durante Processo de Queima.....	46
Figura 25 - Condomínio Residencial Brisas da Mata (Anápolis-GO).....	48
Figura 26 - Condomínio Residencial Brisas da Mata (Anápolis-GO).....	48
Figura 27 - Projeto Social Dona Maria (Anápolis-GO).....	49
Figura 28 - Projeto Social Dona Maria (Anápolis-GO).....	49
Figura 29 - Fachada Residencial (Anápolis-GO).....	50
Figura 30 - Residência de Dois Pavimentos (Belo Horizonte-MG)).....	50
Figura 31 - Hotel Pirá Miuná (Bonito-Ms).....	51
Figura 32 - Galpão Cachoeira (Campo Grande-MS).....	51

Figura 33 - Residência de dois pavimentos (Vinhedo-SP).....	52
Figura 34 - Residência de dois pavimentos (Juiz de Fora-MG).....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Terminologia do Sistema Unificado .....	22
Quadro 2 - Tipos de Cimento Portland.....	25

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Dimensões Nominais.....	36
Tabela 2 - Comparativo de Preços Entre Tijolo Convencional e Ecológico.....	44

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

ABCP	Associação Brasileira Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional da Habitação
NBR	Norma Brasileira
USC	Unified Classification System
USACE	United States Army Corps of Engineers

## SUMÁRIO

1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
1.3	METODOLOGIA .....	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
<b>2</b>	<b>TIJOLO SOLO-CIMENTO .....</b>	<b>17</b>
2.1	HISTÓRICO .....	17
2.2	SOLO-CIMENTO.....	19
<b>2.2.1</b>	<b>Solo .....</b>	<b>19</b>
2.2.1.1	Classificação .....	20
2.2.1.1.1	<i>Solos grossos</i> .....	22
2.2.1.1.2	<i>Solos Finos</i> .....	22
2.2.1.1.3	<i>Solos altamente orgânicos</i> .....	23
<b>2.2.2</b>	<b>Cimento .....</b>	<b>23</b>
2.2.2.1	Classificação .....	25
<b>3</b>	<b>FABRICAÇÃO .....</b>	<b>28</b>
3.1	ESCOLHA DA MATÉRIA-PRIMA .....	28
<b>3.1.1</b>	<b>Cimento .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Solo.....</b>	<b>28</b>
3.1.2.1	Preparação do solo .....	29
<b>3.1.3</b>	<b>Água.....</b>	<b>29</b>
3.2	PROCESSO PRODUTIVO .....	30
<b>3.2.1</b>	<b>Preparação da mistura.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Fabricação das peças.....</b>	<b>31</b>
3.2.2.1	Máquinas de compressão .....	32
<b>3.2.3</b>	<b>Cura .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Estocagem.....</b>	<b>34</b>
3.3	MODELOS DE TIJOLOS .....	34
<b>3.3.1</b>	<b>Tijolo ou bloco vazado .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Meio Tijolo .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Tijolo Maciço .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Canaleta.....</b>	<b>37</b>

<b>3.3.5</b>	<b>Paver</b> .....	<b>39</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Revestimento</b> .....	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>PARTICULARIDADES DO TIJOLO SOLO-CIMENTO</b> .....	<b>41</b>
4.1	BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E CONSTRUTIVOS .....	41
4.2	TIJOLO SOLO-CIMENTO E O MEIO AMBIENTE .....	45
4.3	DESVANTAGENS .....	47
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>53</b>
6.1	PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS .....	53
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Por sustentabilidade se entende as atividades humanas que buscam suprir as necessidades presentes dos seres humanos, sem que estas comprometam o futuro das gerações. Ou seja, ela está correlacionada ao desenvolvimento econômico sem afetar o meio ambiente, para que os recursos se mantenham no futuro. Desta forma, é a humanidade que garante o desenvolvimento sustentável.

De acordo com Bellen (2005, p. 68), “a sustentabilidade é um conceito fundamentalmente normativo, ela implica a manutenção, para cada geração, de um nível socialmente aceitável de desenvolvimento humano”. Correa (2009, p. 14) salienta que atualmente este debate envolve profissionais das mais diversas áreas, propondo soluções, por meio de agrupamentos de trabalho, para este desafio.

Existem várias alternativas para essas indagações sobre sustentabilidade e, através de recursos, empresas e profissionais investem na busca de soluções práticas e materiais sustentáveis que consigam minimizar os impactos ecológicos.

O setor da construção civil, por ser um dos que mais consome matéria-prima, está sendo cobrado socialmente e ecologicamente por seus constantes desperdícios e impactos ambientais causados durante a realização de obras. Conforme Pisani (2005, p. 53), “não existe construção que não gere impacto, a busca é por intervenções que o ocasionem em menor escala”.

A demanda por recursos naturais vem crescendo rapidamente, principalmente na última década. Este fato, conforme preceitua Pinto (2015, p. 12), acarreta um decréscimo acelerado da oferta de matérias-primas.

Pensando nisso o tijolo solo-cimento foi implantado como um dos métodos sustentáveis no âmbito da construção civil. Produzido por um método que não exige a queima em forno à lenha, o tijolo solo-cimento diminui os danos ao meio ambiente, como a poluição e o desmatamento. O seu processo produtivo consiste basicamente em uma mistura de solo, água e cimento viamáquinase sua moldagem se dá por meio de prensas, fazendo com que o tijolo se molde através da força realizada pela máquina sobre a mistura.

Segundo Francisco Aguilár<sup>1</sup>, idealizador e fabricante da prensa Sahara<sup>2</sup>, criada em 1972:

---

<sup>1</sup>Diretor Presidente da Sahara Tecnologia (vide nota de rodapé 2).

<sup>2</sup>Fundada em 1942, a Sahara Tecnologia nasceu como Técnica Industrial Sahara. Yoshio Sahara, fundador da empresa, trouxe do Japão uma tecnologia que estava se espalhando no exterior: a fabricação de blocos de



a olaria ecológica emprega o processo construtivo de solo-cimento ou até solo-cal-cimento que dispensa a queima de tijolo, proporcionando um percentual zero de agressão ao ecossistema, seja com o desmatamento ou com resíduos de queima lançados ao ar. Os tijolos produzidos na Olaria Ecológica servem a todos os padrões sociais e a funcionabilidade de seus equipamentos permite que sejam operados diretamente no canteiro de obras, seja no campo ou na cidade (SAHARA, 2001).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Apesar de ser um método construtivo sustentável, o tijolo ecológico ainda não é muito utilizado. Segundo Motta (2015, p. 23), existem poucas fábricas e pouca divulgação do produto, mas, a ideia do desenvolvimento sustentável vem crescendo muito, levando à tendência de crescimento do tijolo ecológico no mercado, pelas vantagens e baixo custo que este possui. Assim, o mercado tende a se adaptar a uma nova postura em relação à preservação ambiental, fazendo com que a demanda desse material aumente. O cenário apresenta novas alternativas e apontam tendências com técnicas de construção sustentável, sendo, à vista disso, de fundamental importância estudos voltados ao tijolo solo-cimento.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa teve como propósito geral estudar o tijolo solo-cimento ou tijolo ecológico, visando apresentar seu processo de fabricação e destacar suas vantagens e desvantagens produtivas e de utilização dentro da construção civil e buscando a utilização de meios menos agressivos ao ecossistema.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Apresentar todos os materiais utilizados durante o processo de fabricação.

Retratar as etapas do processo de fabricação.

Identificar vantagens econômicas e contrutivas.

Determinar benefícios ecológicos do tijolo.

### 1.3 METODOLOGIA

O estudo será desenvolvido mediante uma pesquisa explicativa, visando levantar informações sobre o objeto de estudo, a respeito do tema tratado. Para este estudo, uma coleta de dados será realizada utilizando métodos de análise de livros didáticos e revisão sistemática de alguns artigos.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 - Abordagem da ideia principal do trabalho a respeito do tijolo solo-cimento e métodos utilizados para a realização da pesquisa.

Capítulo 2 - Fundamentação teórica: revisão histórica do material estudado; o primórdio do tijolo solo-cimento; estudo dos materiais utilizados para a fabricação do solo-cimento.

Capítulo 3 - Abordagem dos materiais utilizados durante o processo de fabricação; as etapas de todo o processo até a peça pronta; modelos de máquinas utilizadas, expondo assim, o processo produtivo total do material e quais seus modelos existentes.

Capítulo 4 - Análise de dados, expondo vantagens e desvantagens apresentadas pelo material, explanando a durabilidade, economia e resistência depois de finalizado.

Capítulo 5 - Apresenta diferentes aplicações do tijolo ecológico.

Capítulo 6 - Considerações finais a respeito do tema retratado.

## 2 TIJOLO SOLO-CIMENTO

### 2.1 HISTÓRICO

“O histórico do costume de construir surgiu a partir do desenvolvimento da agricultura, devido a necessidade de estocar a colheita e do sedentarismo resultante” (BARBOSA; GHAVAMI, 2010, p. 15). Desta forma, ainda segundo Barbosa e Ghavami (2010, p. 15), o homem encontrava na natureza aquilo que lhe podia ser útil, como pedra, madeira, etc.

A facilidade de obtenção do solo na maior parte do planeta, bem como seu fácil manuseio, fazem com que ele, como solução arquitetônica, apareça com regularidade ao longo da história humana, “tendo sido usado como a primeira alternativa do homem primitivo em locais onde a utilização de pedras e madeira se mostrava difícil” (GRANDE, 2003, p. 14).

No passado, várias construções foram erguidas com técnicas e métodos de solo compactados, constituídos a partir de recursos naturais. Esta técnica foi desenvolvida através de um processo evolutivo ao longo dos anos, e tem como representações mais antigas a pirâmide Quéops, no Egito (Figura 1) e a Muralha da China, construídas a cerca de 2.600 anos a.C.

**Figura1 - Pirâmide Quéops**



Fonte: Info Escola, 2018.

As primeiras técnicas com terra na construção utilizadas no Brasil foram inseridas pelos portugueses com o uso do adobe em igrejas, prédios públicos e casas, conforme apresenta Barbosa e Ghavami (2010, p. 1565).

O adobe é uma mistura de solo selecionada com fibras e água. Para fazer a união dos blocos de adobe utiliza-se uma argamassa de terra, com ou sem fibras, dependendo dos costumes locais. Ele é moldado sem a necessidade de compressão, com auxílio de moldes, normalmente retangulares. Pode ser produzido em escala industrial, com grelhas que produzem até 70 unidades, ou artesanalmente, variando conforme os costumes da região. (NEVES, 2011).

Outra técnica é a de torrões, que utiliza de blocos das camadas superiores do solo, armados através das raízes das plantas. Também a taipa de pilão, onde são usadas fôrmas que compactam a terra crua. O predomínio dessas técnicas é entre os trabalhadores rurais, uma vez que são utilizadas mais no campo, que se valem delas em períodos de escassez.

De fato quase todas as civilizações desenvolveram técnicas de construção utilizando a terra e as difundiram entre os povos por meio de colonizações ou invasões. Essas técnicas foram acopladas a outras diferentes também disseminadas por outros povos, surgindo combinações e, por conseguinte, o aprimoramento tornando-as mais eficientes. Segundo Pitta (1995) *apud* Pinto (2015, p.19):

a primeira tentativa de utilização do solo-cimento como material de construção civil aconteceu na cidade de Sarasota, Flórida , na pavimentação de uma rua, em 1915. O material utilizado foi uma mistura de areia de praia, conchas e cimento Portland. O resultado não se mostrou satisfatório.

A tentativa não obteve sucesso pela utilização de solo de baixa qualidade.

No Brasil, a utilização do solo-cimento se deu a partir de 1936, com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) que regulamentou seu uso e teve por primeira ação a pavimentação de um aeroporto, em 1941, na cidade de Petrolina-PE. Depois, foi usada experimentalmente em uma casa de bombas, em 1945, em Santarém-PA, e, em 1950, no Vale Florido, em Petrópolis, na construção de casas com a técnica das paredes monolíticas. Mas, segundo Lima (2006) *apud* Pinto (2015, p. 20), a maior aceitação do solo-cimento como material de construção se deu a partir da edificação do Hospital Adriano Jorge, em Manaus-AM.

Com a aprovação da utilização da técnica em moradias populares pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), em torno de 1978, passou a ser largamente utilizado, com

destaque para suas vantagens técnicas e econômicas, como o desempenho termoacústico, o baixo custo e a possibilidade de uso do solo do local onde está sendo feita a construção. Em relação à qualidade do material e à técnica, pode-se atestar esta vantagem pelo bom estado de conservação em que se encontram, ainda hoje, essas edificações mencionadas acima.

## 2.2 SOLO-CIMENTO

O solo-cimento é resultante da mistura em proporções compatíveis de solo, cimento Portland e água. Conforme a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 8491, de dezembro de 2012, o tijolo maciço solo cimento é definido com volume real não inferior a 85% de seu volume total bruto, constituído por uma mistura homogênea de solo, cimento portland, água e, eventualmente, aditivos.

O componente mais abundante na composição do solo-cimento é o solo, com aproximadamente entre 6% e 10% e cimento, cuja principal função é estabilizar e dar resistência ao produto final. Dentre os solos, os mais apropriados são aqueles que possuem um teor de areia que varia entre 45% e 50%. Os únicos solos reprovados na composição do solo-cimento são aqueles que contêm matéria orgânica, conforme Uchimura (2006) *apud* Pinto (2015, p. 20).

[...] seu processo de fabricação não exige queima em forno à lenha, o que evita desmatamentos e não polui o ar, pois não lança resíduos tóxicos no meio ambiente. Para o assentamento, no lugar de argamassa comum é utilizada uma cola especial (SALA, 2006, p.39).

### 2.2.1 Solo

O solo é uma matéria-prima natural e pode ser largamente empregada em construções, por causar poucos impactos ambientais. Em sua constituição tem-se agentes atmosféricos, água, variações de temperatura e decomposições químicas que constantemente atacam a superfície transformando as rochas em solo. Na engenharia, o solo é um agregado não cimentado de grãos minerais e matéria orgânica decomposta com líquidos e gás nos espaços vazios.

O solo, na composição do solo-cimento, deve ser selecionado permitindo o menor consumo de cimento. Se, ao contrário, não se tiver a disposição do solo com essa característica, considera-se a possibilidade de utilização de dois tipos ou mais de solo, visto

que ele é o que entra em maior proporção na constituição do solo-cimento, podendo até ser adicionada areia, desde que o resultado não seja desfavorável é o material apropriado para a obtenção de resultados positivos, tanto no aspecto técnico como no econômico.

#### 2.2.1.1 Classificação

O solo pode ser classificado de diversas formas, e um dos principais sistemas de classificação utilizado é o Sistema Unificado de Classificação (Unified Classification System - U. S. C.), que é um meio prático para a identificação dos solos. Esta classificação, apresentada por Arthur Casagrande<sup>3</sup> em 1940, tinha o objetivo de utilização dos solos na construção de aeroportos e, para tanto, visava sua classificação para este fim que mais tarde foi adotada pelo United States Army Corps of Engineers (USACE).

Em geral, neste sistema, os solos são classificados em três grandes grupos: solos grossos, solos finos e turfas. Os tipos de solo são identificados por duas letras, como apresentado na Quadro 1. As cinco primeiras letras representam o tipo principal do solo e as quatro seguintes correspondem a dados complementares do solo. Com exceção do terceiro grupo (turfas), os solos grossos e finos são divididos em subgrupos.

Para a classificação por este sistema, o primeiro aspecto a considerar é a porcentagem de finos presentes no solo, considerando-se finos o material que passa na peneira nº 200 (0,074mm). Se a porcentagem for inferior a 50, o solo será considerado como solo de granulação grosseira, G ou S. Se foi superior a 50, o solo será considerado de granulação fina, M, C ou O (PINTO, 2006).

Os solos grossos são divididos em dois grupos. A primeira associação, mostra os solos pedregulhosos com suas diferentes características. Na segunda, representa solos arenosos também com suas características específicas.

Os pedregulhos são solos cujas propriedades dominantes são devidas a sua parte constituída pelos grãos minerais de diâmetro máximo superior a 4,8mm e inferior a 76 mm. São caracterizados pela sua textura, compacidade e forma dos grãos.

---

<sup>3</sup> Arthur Casagrande (1902-1981) foi um engenheiro civil norte-americano considerado um dos pais da Mecânica dos Solos. Teve contributos fundamentais no avanço dos métodos de ensaio geológicos e geotécnicos, no estudo da liquefação dos solos e percolação de água em solos.  
(Disponível em: <https://www.engenhariacivil.com/dicionario/arthur-casagrande>).

Os solos arenosos possuem propriedades dominantes devido aos grãos minerais, diâmetro máximo superior a 0,05mm e inferior a 4,8mm e sua textura varia de grossa a fina e é encontrado compacto ou pouco compacto.

Os solos finos podem se subdividir em dois grandes grupos:

- ✓ Siltes: que apresentam pouca ou nenhuma plasticidade, com tamanhos de grãos compreendidos entre 0,002 mm e 0,074 mm;
- ✓ Argilas, definidas por um agregado de partículas microscópicas (grãos menores que 0,002 mm), contêm sílica em sua forma coloidal e óxidos de fórmula geral  $R_2O_3$ .

**Quadro 1 - Terminologia do Sistema Unificado**

G	Pedregulho	TIPO PRINCIPAL
S	Areia	
M	Silte	
C	Argila	
O	Solo orgânico	
W	Bem graduado	DADOS COMPLEMENTARES
P	Mal graduado	
H	Alta compressibilidade	
L	Baixa compressibilidade	
Pt	Turfas	

Fonte: PINTO (2006).

Segundo a NBR 6502 (ABNT, 1995), os siltes são partículas finas, se originam nas tochas, apresentam pouca plasticidade e baixa resistência mecânica ao solo, quando seco ao ar. De origem mineral, agem de maneira similar à argila na coesão do solo, o que lhe fornece maior densidade e inferem no solo tornando-o mais arenoso.

Os solos argilosos já apresentam plasticidade. Quando bastante úmido, é possível sua moldagem em diferentes formas. Quando seco, constitui-se em torrões dificilmente fragmentados e os grãos minerais de diâmetro máximo inferior a 0,005 mm constituem sua propriedade dominante.

Em relação à compressibilidade do solo, que também é uma característica abordada durante a classificação, ela é basicamente a quantidade reduzida de seu volume real após a aplicação de alguma carga sobre ele, fazendo com que o tipo de solo seja o fator principal para que esta compressibilidade varie, conforme determina Gerscovich (2011):

A estrutura dos solos é um fator importante na definição da sua compressibilidade. Solos granulares podem ser arrançados em estruturas fofas, densas e favo de abelha. Considerando que os grãos são admitidos como incompressíveis, quanto maior o índice de vazios, maior será a compressibilidade do solo.

#### *2.2.1.1.1 Solos grossos*

Os solos grossos são subdivididos em dois grupos, os solos pedregulhosos e os solos arenosos, sendo que cada um deles tem seus tipos caracterizados separadamente:

Pedregulhos ou solos pedregulhosos:

GW- Pedregulho bem graduado

GP- Pedregulho mal graduado

GM- Pedregulho com pouca quantidade de silte

GC - Pedregulho com pouca quantidade de argila

Areias ou solos arenosos

SW - Areia bem graduada

SP - Areia mal graduada

SM - Areia com pouca quantidade de silte

SC - Areia com pouca quantidade de argila

#### *2.2.1.1.2 Solos Finos*

Os solos finos são subdivididos em dois grupos, os solos de baixa compressibilidade e os solos de alta compressibilidade, sendo que cada um deles tem seus tipos caracterizados separadamente:

Baixa compressibilidade

ML - Solo siltoso de baixa compressibilidade



CL - Solo argiloso de baixa compressibilidade

OL - Solo orgânico de baixa compressibilidade

#### Alta Compressibilidade

MH - Solo siltoso de alta compressibilidade

CH - Solo argiloso de alta compressibilidade

OH - Solo orgânico de alta compressibilidade

#### 2.2.1.1.3 Solos altamente orgânicos

A origem dos solos orgânicos se dá pela decomposição e apodrecimento de matérias orgânicas, sejam de natureza vegetal (plantas, raízes) ou animal. Estes solos são muito compressíveis, o que os tornam problemáticos para a construção. A concentração de folhas e caules em processo de decomposição ocorre em sua formação originando as turfas, que são matéria orgânica combustível e de fácil identificação por possuírem uma cor escura e um odor característico.

O terceiro grupo é unicamente representado por um símbolo que é o Pt, que vem de *peat*, turfa. São solos extremamente compressíveis e geralmente com grande porcentagem de partículas fibrilares, podendo ainda serem identificados como um solo fofo, não plástico e ainda combustível. Brown et al. (2000), alega que “suas propriedades dependem de vários fatores, incluindo os parâmetros ambientais sob as quais ela foi gerada, o seu grau de decomposição e do método de sua coleta”.

#### 2.2.2 Cimento

O cimento, conhecido mundialmente como cimento Portland, é o aglomerante mais utilizado na construção civil. Ele se caracteriza por ser um pó fino e acinzentado, “constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, com inúmeras propriedades e características, dentre as quais, ser moldável quando misturado com água e capaz de desenvolver elevada resistência mecânica ao longo do tempo” (RIBEIRO, 2011 *in* SOUZA, 2013, p. 40).

É o produto obtido pela pulverização de clinker constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam

seu emprego. O clinker é um produto de natureza granulosa, resultante da calcinação de uma mistura daqueles materiais, conduzida até a temperatura de sua fusão incipiente. (BAUER, 2000).

O Brasil atende, atualmente, o mercado de construções com a oferta de oito opções de cimento com igual desempenho e utilizado nos mais variados tipos de obra. Os diferentes tipos de cimentos são designados pela sigla e pela classe de resistência, como apresentado na Quadro 2, e são diferenciados pela quantidade de clinker e sulfato de cálcio, ou de propriedades intrínsecas, como a alta resistência inicial, a cor branca, dentre outras. O Quadro 2 apresenta um resumo dos tipos de cimento Portland, os nomes técnicos, siglas e classes (resistência).

**Quadro 2 Tipos de Cimento Portland**

Tipo de Cimento	Adições	Sigla	Norma
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana ou filer (até 5%)	CP I – S 32	5732
		CP I – S 40	
Cimento Portland Composto	Escória (6-34%)	CP II – E 32	11578
		CP II – E 40	
	Pozolana (6-14%)	CP II – Z 32	
	Filer (6-10%)	CP II – F 32	
CP II – F 40			
Cimento Portland de Alto-Forno	Escória (35-70%)	CP III 32	5735
		CP III 40	
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV 32	5736
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Materiais carbonáticos (até 5%)	CP V - ARI	5733
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos	Estes cimentos são designados pela sigla RS.		5737
	Ex: CP III-40 RS, CP V-ARI RS		
Cimento Portland de baixo calor de hidratação	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo BC.		13116
	Ex: CP I - 32BC, CP II - F - 32BC		
Cimento Portland Branco	Se diferenciam entre estrutural e não estrutural	CPB – 25,	12989
		CPB – 32,	
		CPB – 40	
		CPB	

Fonte: NBR NM 10, 2012.

### 2.2.2.1 Classificação

#### Cimento Portland Comum (CP I)

Segundo a NBR 5732 (ABNT, 1991b), o cimento Portland pode ser definido como aglomerante hidráulico obtido pela imagem de clínker Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos.

#### Cimento Portland Composto (CP II)

Diferente do cimento comum, conforme ABCP (2018), o cimento Portland composto é modificado. Gera calor numa velocidade menor do que o gerado pelo Cimento Portland comum. Este cimento também apresenta melhor resistência ao ataque dos sulfatos contidos no solo. Recomendado para obras correntes de engenharia civil sob a forma de argamassa, concreto simples, armado e protendido, elementos pré-moldados e artefatos de cimento.

- Com adição de material pozolânico: Conforme NBR 5736 (ABNT, 1991) são materiais silicosos ou silicoaluminosos que por si sós possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante mas que, quando finamente divididos e na presença de água reagem com hidróxido de cálcio, à temperatura ambiente, para formar compostos com propriedades cimentícias.
- Com adição de escória granulada de alto-forno: A escória de alto forno é um resíduo não metálico obtido a partir da produção de ferro. Além de representar vantagens ao meio ambiente a escória apresenta baixo custo e oferece vantagens técnicas como elevada resistência mecânica, durabilidade em meios agressivos e baixo calor de hidratação (REDEMAT, 2018).
- Com adição de material carbonático – fíler: Segundo o Portal do Concreto (2018), o fíler é uma matéria-prima obtida através de minerais como basalto e calcário, fazendo com que o cimento possa fazer um concreto com maior trabalhabilidade.

### Cimento Portland de Alto-Forno (CP III)

Segundo a NBR 5735 (ABNT, 1991d), é o aglomerante hidráulico obtido pela mistura homogênea de clínker Portland e escória granulada de alto-forno, moídos em conjunto ou separado.

### Cimento Portland Pozolânico (CP IV)

O concreto feito com este produto se torna mais impermeável, mais durável, apresentando resistência mecânica à compressão superior à do concreto feito com cimento Portland comum, a idades avançadas. Apresenta características particulares que favorecem sua aplicação em casos de grande volume de concreto devido ao baixo calor de hidratação (ABCP, 2018).

### Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI)

Conforme a NBR 5733 (ABNT, 1991c), é um aglomerante hidráulico que atende às exigências de alta resistência inicial, obtido pela moagem de clínker Portland, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos, ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais carbonáticos.

### Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS)

Segundo a NBR 5737 (ABNT, 1992), este tipo de cimento é um aglomerante hidráulico que atende à condição de resistência do sulfatos, obtido pela moagem de clínker Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfatos de cálcio. Durante a moagem, são permitidas adições, a esta mistura, de escórias granuladas de alto-forno ou materiais pozolânicos e/ou materiais carbonáticos. São considerados resistentes aos sulfatos:

- Os cimentos cujo teor de A do clínker seja igual ou inferior a 8% e cujo teor de adições carbonáticas seja igual ou inferior a 5% da massa do aglomerante total e/ou;
- Os cimentos Portland de alto-forno (CP III) cujo teor de escória granulada de alto forno esteja entre 60% e 70% e/ou;

- Os cimentos Portland pozolânicos (CP IV) cujo teor de materiais pozolânicos esteja entre 25% e 40% e/ou;
- Os cimentos que tenham antecedentes com base em resultados de ensaios de longa duração ou referências de obras que comprovadamente indiquem resistência a sulfatos.

#### Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC)

O aumento da temperatura no interior de grandes estruturas de concreto devido ao calor desenvolvido durante a hidratação do cimento pode levar ao aparecimento de fissuras de origem térmica, que podem ser evitadas se forem usados cimentos com taxas lentas de evolução de calor, os chamados cimentos Portland de baixo calor de hidratação. Os cimentos Portland de baixo calor de hidratação, de acordo com a NBR 13116, são aqueles que geram até 260 J/g e até 300 J/g aos 3 dias e 7 dias de hidratação, respectivamente, e podem ser qualquer um dos tipos básicos (ABCP, 2002).

#### Cimento Portland Branco (CPB)

O cimento Portland branco é um tipo de cimento que se diferencia dos demais pela coloração. A cor branca é conseguida a partir de matérias-primas com baixos teores de óxidos de ferro e manganês e por condições especiais durante a fabricação, especialmente com relação ao resfriamento e a moagem do produto (ABCP, 2002). A NBR 12989 (ABNT, 1993) classifica o cimento Portland branco em dois subtipos. Os de classe 25, 32 ou 40 são chamados de cimento Portland branco estrutural e podem ser utilizados na execução de concreto estrutural. Já os que são considerados não estrutural, são os que não possuem indicações de classe.

### 3 FABRICAÇÃO

#### 3.1 ESCOLHA DA MATÉRIA-PRIMA

##### 3.1.1 Cimento

Usualmente, o cimento utilizado na fabricação dos tijolos é o CP V- ARI. O Cimento Portland V, como citado no capítulo anterior, tem como aspecto principal sua alta resistência inicial (ARI). O clinker é um componente indispensável na produção do cimento. No caso do CP V, são utilizadas dosagens elevadas de calcário e argila comparando-se com outras classes de cimento. Além disso, a permanência por mais tempo no moinho, faz com que ele seja mais fino, acarretando assim maior resistência nos primeiros dias de cura. Esse tipo de cimento é usufruído na fabricação de artefatos, como é o caso do tijolo, e também na produção de concreto protendido.

##### 3.1.2 Solo

O solo é o material que entra em maior proporção na mistura, devendo ser selecionado de modo que possibilite economia no consumo do cimento. Os solos mais adequados são os que possuem as seguintes características (ABCP, 1986):

100% dos grãos passando na peneira ABNT 4,8 mm (nº 4);

10 % a 50% dos grãos passando na peneira ABNT 0,075 mm (nº 200);

Limite de liquidez < 45% ;

Índice de plasticidade < 18%.

Quanto à granulometria, os solos arenosos são considerados os mais adequados. De acordo com a CEPED (1984), “os solos devem ter um teor mínimo da fração fina, correspondente aos grãos passados pela peneira, pois a resistência inicial do solo-cimento compactado se deve à coesão da fração fina compactada”.

É recomendado que se faça a utilização de um solo com maior porcentagem de areia e menor de argila (20 à 40%). Caso isso não aconteça, pode-se resultar em má compactação,

dificultando o processo de moldagem do tijolo. É proposto que seja feita a correção, caso seja utilizado um tipo de solo com alto teor de argila.

### 3.1.2.1 Preparação do solo

O tratamento do solo deve acontecer antes da produção, onde ele é pré-selecionado eliminando impurezas (pedras, galhos) ou torrões. O solo, antes de ir para a mistura, deve ser isento de resíduos minerais ou orgânicos. Para se fazer a separação desses resíduos, usa-se peneira manual de malha fina ou o maquinário (Figura 2). Caso tenha torrões naturais secos ou duros, pode-se usar algum tipo de triturador para desfazê-los. Realizando estes processos, o solo estará apto a ser usado para a mistura do solo-cimento, separando o solo bruto do solo que pode ser beneficiado.

**Figura 2 - Peneira elétrica**



Fonte: Verde Equipamentos, 2018.

### 3.1.3 Água

A água é um fator de grande influência no momento da mistura do solo-cimento. A sua utilização no processo de produção acontece de forma gradativa, pois a quantidade de água na mistura não pode se ausentar e nem exceder. Caso a quantidade de água esteja acima do desejado, pode resultar na fixação da mistura nas paredes do molde. Caso não for

acrescentada a quantidade suficiente para dar liga à mistura, o corpo do tijolo pode desmanchar ao ser retirado do molde. A qualidade da água utilizada durante o processo de cura e na mistura do material deve ser desprovida de impurezas que possam prejudicar a hidratação do cimento.

## 3.2 PROCESSO PRODUTIVO

### 3.2.1 Preparação da mistura

Segundo Isaia (2010b), uma maneira utilizada para a dosagem do solo-cimento compactado consiste na fixação de três variáveis: quantidade de cimento, quantidade de água e massa específica aparente seca máxima, onde “a quantidade de cimento depende das características e da aplicação que se pretende para o material resultante”.

A preparação se inicia com a mistura do solo beneficiado durante o tratamento com o cimento, até formarem uma argamassa homogênea. Essa mistura pode ser feita manualmente ou por meio de máquinas e acontece até atingir uma coloração uniforme.

A quantidade da água a ser adicionada à mistura deverá ser suficiente para hidratar o cimento e proporcionar boa compactação. A água deve ser esguichada aos poucos sobre a mistura, garantindo boa distribuição. Dessa forma, a massa atinge a umidade ideal, e pode ser verificada usando dois métodos diferentes:

Segurar a mistura feita entre a palma da mão e os dedos. Após pressionar a massa, ela deve apresentar a marca provocada (Figura 3);

Pegar uma porção da mistura e deixar cair de uma altura aproximada de 1 metro, sobre uma região rígida. Tal porção deverá esfarelar ao chocar com a superfície (Figura 4).

Caso não ocorra a verificação dos métodos, a mistura estará muito úmida.



**Figura 3 - Observação prática da umidade ideal do solo-cimento**



Fonte: Sahara, 2001.

**Figura 4 - Observação prática da umidade ideal do solo-cimento**



Fonte: Sahara, 2001.

### 3.2.2 Fabricação das peças

Após a preparação da mistura, esta é transferida do local onde foi feita para a prensa. O material é compactado em cerca de até seis toneladas de pressão, fazendo com que o tijolo

se molde por meio da prensa. A peça produzida pelo molde é expelida da máquina para a esteira, onde os tijolos são recolhidos e estão prontos para a cura.

### 3.2.2.1 Máquinas de compressão

Em relação à compressão do solo-cimento, tem-se:

“A qualidade do tijolo de solo-cimento prensado se dá em função do empacotamento dos grãos do solo depois de compactado. O material resultante tem baixa porosidade e alta densidade. O equipamento utilizado para a moldagem do tijolo desempenha papel fundamental, pois ele condiciona a taxa de compactação do material e as características produtivas em si” (FARIA, 1990 *apud* GRANDE, 2003, p. 40).

A fabricação do tijolo pelos fornecedores do material é realizada em diferentes máquinas: prensas hidráulicas (Figura 5), prensas manuais (Figura 6) e prensas automáticas (Figura 7), sendo que cada uma delas apresenta variadas dimensões do tijolo e não um modelo padrão para todos os tipos existentes de prensa. Os fabricantes padronizam os modelos dos tijolos fazendo adaptações das formas no momento do molde, para que as peças fiquem padronizadas de acordo com as normas.

A prensa hidráulica chegou ao mercado com o objetivo de fabricar maiores quantidades e melhores tijolos do que uma prensa convencional, ou seja a manual. A força realizada pela prensa sobre a mistura é feita por meio de um sistema hidráulico, fazendo deste o motivo da resistência final do material ser maior.

**Figura 5 - Prensa hidráulica**



Fonte: Verde Equipamentos, 2018.

As prensas manuais possuem a vantagem de baixo custo na aquisição, manutenção e por não necessitarem do uso de energia. Porém, esse tipo de prensa pode fazer com que o resultado final da peça seja inferior em relação a outros modelos de prensa, com o risco de originar um tijolo com resistência inferior e com baixa compactação, podendo exigir maiores cuidados durante a escolha do solo. De acordo com Uchimura (2006), uma prensa manual chega a produzir uma média de 1500 tijolos por dia, enquanto que a capacidade de produção das prensas hidráulicas existentes no mercado é muito maior.

**Figura 6 - Prensa manual**



Fonte: Verde Equipamentos, 2018.

No caso da prensa automática, ela apresenta teores de resistência ao material similares com de uma prensa hidráulica. Mas, seu maior benefício é em relação à comodidade durante sua produção, onde uma única pessoa pode realizar a operação na máquina e também fazer a retirada do tijolo no fim da esteira.

**Figura 7 - Prensa automática**



Fonte: Alroma, 2018.

### **3.2.3 Cura**

O principal fator de controle do pós-produção dos tijolos e o que determina o sucesso dos procedimentos anteriores é a cura dos tijolos que impede a evaporação da umidade. Conforme a NBR 10833 (ABNT, 2013), após a moldagem e durante os sete primeiros dias, deve-se manter os elementos úmidos a fim de garantir a cura necessária. Os tijolos ou blocos devem ser utilizados após 14 dias de sua fabricação, com a recomendação que do segundo dia em diante deve ser molhado até três vezes ao dia, podendo ser irrigados a vontade. É importante a utilização de lona sobre as pilhas para impedir a perda de água.

### **3.2.4 Estocagem**

O controle tecnológico da estocagem é essencial, pois garante a qualidade final do produto para o consumidor. Recomenda-se que os blocos e tijolos de solo-cimento sejam armazenados em locais limpos, planos, secos, arejados e protegidos de intempéries. O empilhamento das peças acontece logo após a saída da máquina, e pode ser realizado de duas formas: em contato com o chão ou em paletes. Este é o método mais indicado e utilizado pelos fabricantes, pois o material não ficará em contato direto com o piso, além de haver praticidade em sua movimentação e transporte (efetuado por meio de paletes protegidos).

## **3.3 MODELOS DE TIJOLOS**

### **3.3.1 Tijolo ou bloco vazado**

As dimensões nominais que os tijolos (Figura 8) devem atender estão discriminadas na Tabela 1. Os tijolos podem apresentar dimensões diferentes das estabelecidas, desde que estes permaneçam com a altura menor que a sua largura. As especificações são feitas de comum acordo entre o fabricante e o comprador.

Em virtude dos furos, os tijolos ou blocos vazados permitem a passagem de dutos elétricos e hidráulicos, evitando a quebra de paredes (Figura 9), diminuindo a quantidade de entulhos e o desperdício de materiais.

**Tabela 1 -Dimensões nominais**

TIPOS	COMPRIMENTO(mm)	LARGURA(mm)	ALTURA(mm)
A	200	100	50
B	240	120	70

Fonte: ABNT, 2012b.

**Figura 8 - Modelo do tijolo ou bloco vazado**

Fonte :Eco Máquinas, 2018.

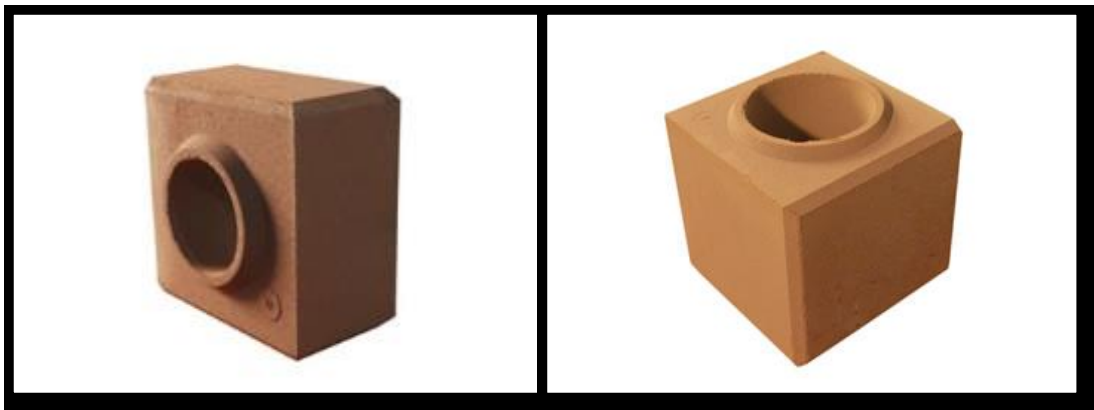
**Figura 9 - Tijolo vazado sendo aplicado em uma parede**

Fonte: Eco Máquinas, 2018.

### 3.3.2 Meio Tijolo

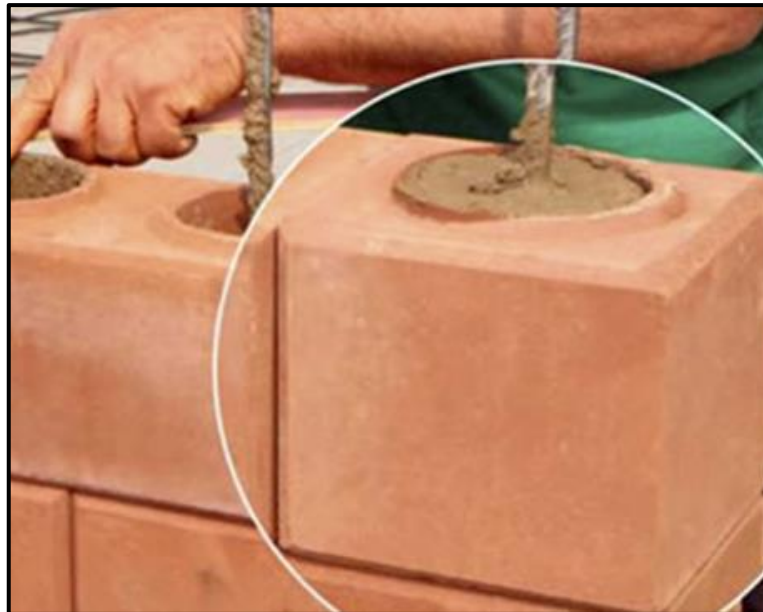
É uma peça (Figura 10) utilizada para fazer a amarração dos blocos. Também empregado para facilitar e garantir um bom acabamento da parede, evitando a necessidade de cortes ou quebra do material (Figura 11). Simplifica o trabalho do executor e previne o erro em relação à medição e ao corte do tijolo.

**Figura 10- Modelo do meio tijolo**



Fonte: Eco Máquinas, 2018.

**Figura 11- Imagem ampliada do meio tijolo sendo posicionado na quina da parede**



Fonte: Eco Máquinas, 2018.

### 3.3.3 Tijolo Maciço

São blocos ou tijolos maciços (Figura 12) disponíveis em formatos com encaixe redondo, retangular com reentrância, sistema tradicional com arestas 6x6 mm (aparente) ou dos dois lados lisos. Oferece um bom isolamento contra ruídos e alta resistência. Muito aplicado na construção de paredes aparentes de acabamento liso perfeito, como: churrasqueiras, lareiras, fornos.

As normas existentes do tijolo solo-cimento não estabelecem um traço específico para o tijolo, portanto isso pode variar de um fornecedor para o outro, dificultando o seu controle tecnológico. O teor recomendado de cimento ou cal a ser adicionado ao solo segundo Mieli (2009), depende dos critérios técnicos (resistência, durabilidade) que se pretende alcançar. Ao analisar sistemas de solo-cimento e solo-cal para componentes de alvenaria, Abiko (1985) indicou para solos arenosos o traço de 1:10, 1:12 e 1:14 (cimento:solo seco, em volume) e, para solos argilosos, a adição de 5% a 10% (em massa) de cal.

Geralmente, segundo Eco Máquinas (2018),

em uma construção que trabalha com a técnica solo-cimento, este tipo de bloco ou tijolo é utilizado até a terceira fiada, já que posteriormente os executores das obras priorizam os furados que proporcionam a passagem das instalações hidráulicas e elétricas.

**Figura 12- Modelo do Tijolo Maciço**



Fonte: Eco Máquinas, 2018.

### 3.3.4 Canaleta

Disponível em vários modelos, sendo que os mais utilizados são os de encaixe com furos, tem como principal característica a possibilidade de ser colocado em diversas posições

e dimensões, facilitando a passagem do sistema elétrico e hidráulico na horizontal (Figura 13). “Também utilizado para reforço no meio de paredes e respaldo (viga em cima da última fiada), as canaletas (Figura 14) servem como vergas embaixo e em cima das janelas e nas portas” (ECO MÁQUINAS, 2018).

**Figura 13 - Canaletas instaladas em parede**



Fonte: Eco Máquinas, 2018.

**Figura 14- Modelo de Canaleta**



Fonte: Eco Máquinas, 2018.



### 3.3.5 Paver

A principal característica do paver (conhecido também como bloquete) é a facilidade de assentamento. Ele é normalmente utilizado em praças, estacionamentos (Figura 15), ou também em calçadas de residências, sendo um modelo de tijolo conhecido pela sua atuação como componente estético e prático.

Segundo Sahara (2001) suas características e resistência variam de acordo com o tráfego que a pavimentação receberá. Sahara ainda afirma que o bloquete adequado para área pavimentada de tráfego de pedestres, ciclovias ou ruas internas de condomínios tenha 40mm de espessura e 35MPa de resistência. Já no caso onde há trânsito intenso de veículos é necessário que a resistência do bloquete seja de 50 MPa.

**Figura 15 - Paver aplicado em estacionamento**



Fonte: Eco Máquinas, 2018.

### 3.3.6 Revestimento

Fabricados em formatos retangulares (Figura 16) ou quadrados, os revestimentos de solo-cimento são feitos no propósito estético para edificações, comumente aplicados em fachadas residenciais e em *halls* de entrada de condomínios ou de áreas públicas.

**Figura 16 - Aplicação de revestimento em parede**



Fonte: Próprios autores, 2018.

## 4 PARTICULARIDADES DO TIJOLO SOLO-CIMENTO

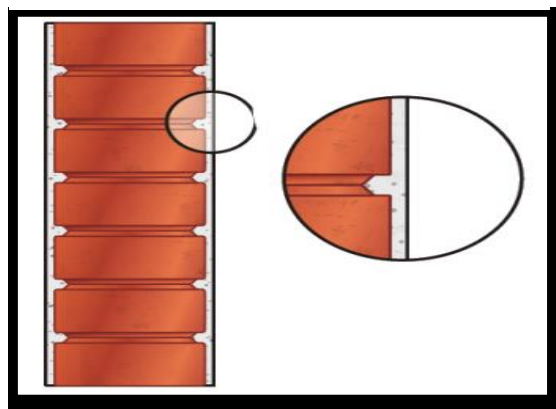
### 4.1 BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E CONSTRUTIVOS

Admitindo que o tijolo ecológico obtém um método de construção modular, as peças fabricadas se encaixam perfeitamente e não têm oscilações no perfil da parede, fazendo com que seu revestimento (reboco) seja fino (Figura 17), ocasionando a diminuição no orçamento final da obra.

Dessa forma, segundo Isaia (2010b), o revestimento pode ser feito apenas com aplicação de massa única, de pequena espessura (em torno de 1,0 cm), suficiente para conferir uma boa cobertura dos tijolos e servir de base para a aplicação da pintura.

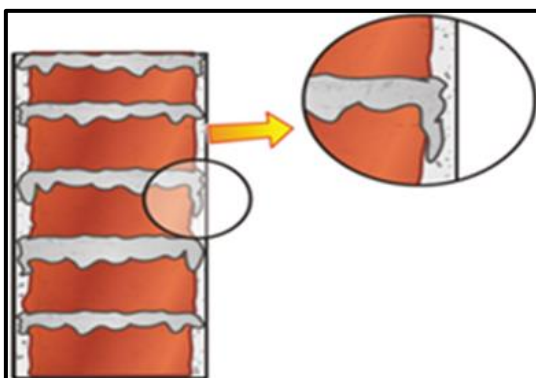
De maneira oposta ao tijolo solo-cimento, os tijolos tradicionais possuem irregularidades que, por conseguinte, necessitam de uma camada volumosa de reboco (Figura 18), fazendo com que o custo e o peso da obra aumente.

**Figura 17- Parede de tijolo solo-cimento exibindo a espessura do revestimento**



Fonte: Eco Produções (2018).

**Figura 18 - Parede de tijolo tradicional exibindo a espessura do revestimento**



Fonte: Eco Produções (2018).

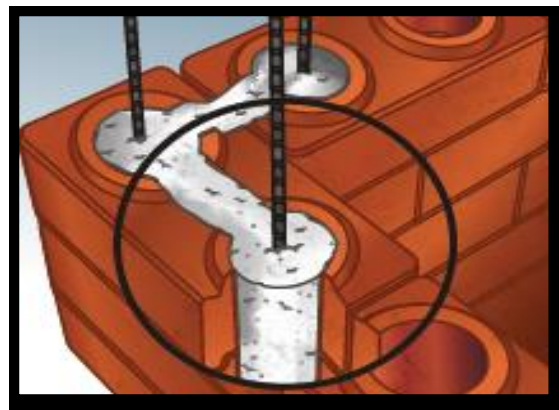
Com a aplicação dos tijolos modulares, outra utilidade exercida pelas peças é a passagem de dutos elétricos e hidráulicos pelos seus furos (Figura 19). Consequentemente, o método usado na alvenaria tradicional é dispensado, fazendo com que os cortes e rasgos de paredes sejam extintos, facilitando a execução dessa etapa da construção e evitando desperdícios na quebra das paredes.

Ao relatar sobre o tijolo solo-cimento, consegue-se notar a presença de várias vantagens construtivas. Os benefícios acarretados pela forma que a peça é implantada na construção e a própria configuração do tijolo ficam nítidos dentro de uma edificação e durante a obra. Por conta de seu formato vazado, o tijolo solo-cimento, ocasiona outros benefícios estruturais e de comodidade quando é utilizado dentro de uma edificação. Por exemplo, o preenchimento das colunas de sustentação acontece com mais facilidade e rapidez (Figura 20).

**Figura 19 - Ilustração de aplicação de dutos em tijolos modulares.**



**Figura 20 - Preenchimento das colunas pelos vãos do tijolo**



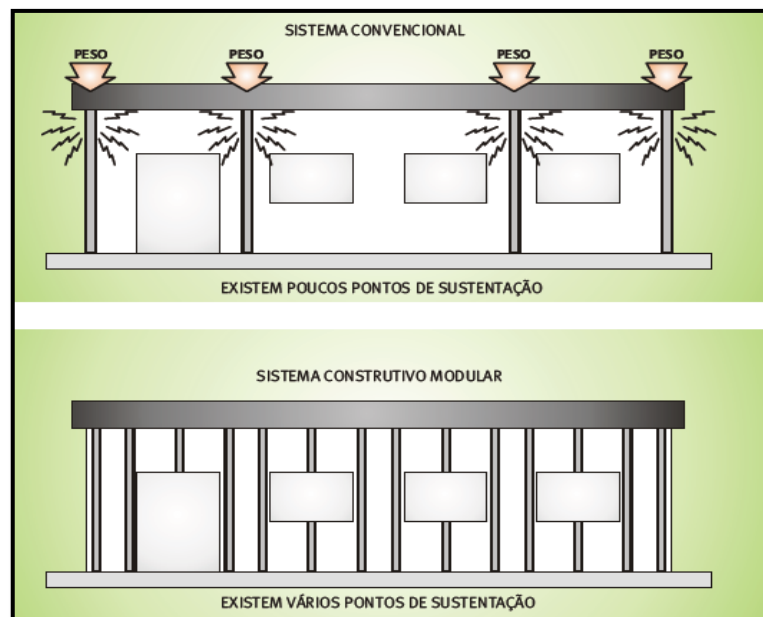
Fonte: Eco Produção, 2018.

De acordo com Eco Produção (2018), “no embutimento das colunas de sustentação, conta-se com economia na mão de obra de carpintaria e dispensa-se o uso excessivo de madeira”. E, conforme Sampaio (2015), “as colunas são embutidas em seus furos, fazendo com que o peso das alvenarias seja distribuído sobre as paredes, gerando uma alvenaria estrutural mais segura”.

Como citado, a distribuição das colunas ao longo da construção, evitando a concentração de peso em poucos pontos da estrutura, é uma vantagem que também deve ser relevada. Como mostrado no esquema da Figura 21, vê-se que no sistema construtivo modular, usado para o tipo de tijolo estudado, o peso da laje e das vigas da estrutura consegue

ser distribuído de forma mais uniforme, de forma que as colunas não fiquem tão sobrecarregadas como no sistema convencional. Ainda segundo Eco Produção (2018), “outra vantagem dos furos nos tijolos modulares é que formam câmaras termo-acústicas que controlam a temperatura no interior da construção e ajudam a isolar ruídos.” (Figura 22); e, “as câmaras acústicas protegem o ambiente da poluição sonora constante no dia a dia”.

**Figura 21 - Distribuição das colunas**



Fonte: Eco Produção, 2018.

**Figura 22 - Formação de câmaras termo acústicas**



Fonte: Eco Produção.

A alvenaria pode ser deixada à vista ou pode receber qualquer revestimento convencional, rebocos naturais de terra, tintas industrializadas e ainda tintas naturais (Figura 23).

**Figura 23 - Residência com pintura direta na alvenaria**



Fonte: Eco Máquina, 2018.

Em relação a custo individual do material, o tijolo cimento-solo é mais alto em comparação ao tijolo convencional. Com base nos valores de algumas empresas, a tabela 2 comprova que o preço do tijolo convencional é menor se comparado com tijolo solo-cimento.

**Tabela 2 - Comparativo de preços entre tijolo convencional e ecológico**

	Custo (R\$)		
	Unidade	Tijolo convencional (6 furos: 9x19x19cm)	Tijolo Solo-cimento (vazado - 30x15x7,5cm)
Empresa X	Un	0,63	-
Empresa Y	Un	0,48	-
Empresa Z	Un	-	1,25
Empresa W	Un	-	1,17

Fonte: Próprios autores, 2018.

No estudo de caso de Sampaio (2015) elaborou-se dois projetos arquitetônicos usando a técnica de modulação do tijolo ecológico, mostrando assim a efetividade da redução de custos da aplicação do tijolo. Logo “com a aplicação da técnica de forma adequada faz com que, após a execução, o valor do serviço final seja em torno de 40% menor em relação ao tijolo convencional” (SAMPAIO, 2015).

Isaia (2010b) também afirmou que a economia, no custo final de construções de padrão médio, seja da ordem de 30%, quando comparado com construções de padrão equivalente, nas quais se empregam técnicas construtivas convencionais.

Então, “levando-se em conta as vantagens econômicas geradas pelo seu uso, principalmente pela falta de necessidade do uso de outros materiais, conclui-se que os blocos de solo-cimento são mais viáveis quando se pensa em construir” (SAMPAIO, 2015).

#### 4.2 TIJOLO SOLO-CIMENTO E O MEIO AMBIENTE

Conforme a Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica (ANAB, 2009) o setor da construção civil é responsável pelo consumo de 40% dos recursos naturais, 34% de água, 55% de lenha não certificada, gerando 67% da massa total de resíduos sólidos urbanos e 50% de volume total desses resíduos.

Estudos de fluxo de materiais estimam uma média anual de 10 toneladas/ habitantes de matérias-primas extraídas da natureza e, em países desenvolvidos, esta média pode atingir a média anual de 80 toneladas/habitantes (ISAIA, 2010a).

A relação entre economia e construção “dependem de um fluxo constante de materiais, da extração de matérias primas, atividades fabris, transporte, montagem, manutenção e desmontagem final” (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000). Isaia (2010b) afirma que “a construção civil é o setor mais intensivo em materiais de toda a economia. Entre 40% e 75% das matérias-primas extraídas da natureza são transformados em materiais de construção”, e ainda que:

[...] com isso, as inovações tecnológicas introduzidas recentemente no processo de fabricação dos tijolos buscam proporcionar maior agilidade e inúmeras vantagens para o processo construtivo, dentre os quais se destaca a redução do custo final da construção.

A vantagem, no tocante a economia, que os tijolos ecológicos têm giram em torno de características como facilidade, agilidade e resistência, além de não impactar a natureza como

o que ocorre com os resíduos da construção civil como entulho de obra, poluição do solo e da água pelo cimento (SAMPAIO, 2015).

Entretanto, conforme Isaia (2010b):

A principal vantagem do uso do solo-cimento, contudo, está relacionada com os aspectos ambientais. O solo é um material abundante na natureza, quase sempre sendo possível utilizar o solo do próprio local da construção ou jazidas próximas, reduzindo-se, assim, o custo com transporte. Entre os materiais de construção, certamente é um dos que menos consome energia na fabricação e também na sua aplicação na obra.

A fabricação do tijolo solo-cimento é feita por meio de prensa que gera menor agressividade ao meio ambiente, pois não há queima, eliminando a utilização de lenha e envio de gases poluentes. Na produção de blocos cerâmicos, por sua vez, é utilizada a queima de grande quantidade de madeira, que é responsável pela excessiva emissão de gases na atmosfera por meio das olarias (Figura 24). Agrafiotis e Tsoutsos (2001) afirma que “não apenas uma grande quantidade de energia é consumida durante o processo produtivo cerâmico, como também o custo dessa energia representa um percentual significativo no total dos custos de produção.

**Figura 24 - Olaria durante processo de queima**



Fonte: Araújo, 2018.

Sampaio (2015) preceitua que “o tijolo de solo-cimento também pode ser reutilizado caso quebre. Basta que ele após triturado possa virar um composto novamente, gerando



menos entulho de construção civil e agredindo menos a natureza”. Ainda assim, durante uma construção, também é possível ter o controle de perda de peças, pois a alvenaria modular permite a minimização do desperdício. No canteiro de obras onde é utilizado o tijolo solo-cimento também é notada maior limpeza e organização, sem acúmulo de entulhos. Além disso, Torgal e Jalali (2009) apresenta que uma vantagem “de grande relevância é a de que o tijolo solo-cimento não necessita de queima na etapa de cura, pois neste processo, utiliza apenas secagem natural, sendo regada com água por alguns dias até atingir as propriedades desejadas.

Um dos maiores desafios ambientais da construção é diminuir a intensidade de uso de materiais, ou seja, é preciso construir mais, utilizando menos materiais, ou “desmaterializar” a construção.

#### 4.3 DESVANTAGENS

Consegiu-se notar nos capítulos anteriores que o tijolo ecológico apresenta inúmeras vantagens, e que é benéfico tanto para a construção civil como para o meio ambiente. No entanto, é necessário, também, atentar-se para algumas desvantagens que este material apresenta. Apesar de não serem muitas, deve-se levar em consideração imperfeições citadas por clientes e fornecedores, como algumas citadas a seguir:

- Necessidade de mão de obra qualificada que saiba manusear o material;
- Falta de padronização e uniformidade dos tijolos fornecidos no mercado;
- Maior absorção de água do tijolo;
- Maior espessura das paredes, se comparado com a alvenaria tradicional;
- Baixa resistência a impactos em quinas e canto;
- Baixa popularidade do produto;
- Restrições em relação à quebra de paredes e abertura de vãos, por ser considerada uma alvenaria estrutural.
- Não denominado sustentável e ecológico por alguns profissionais devido a utilização do cimento, que na sua fabricação não tem um processo sustentável, e também por conta da retirada do solo.

## 5 APLICAÇÃO

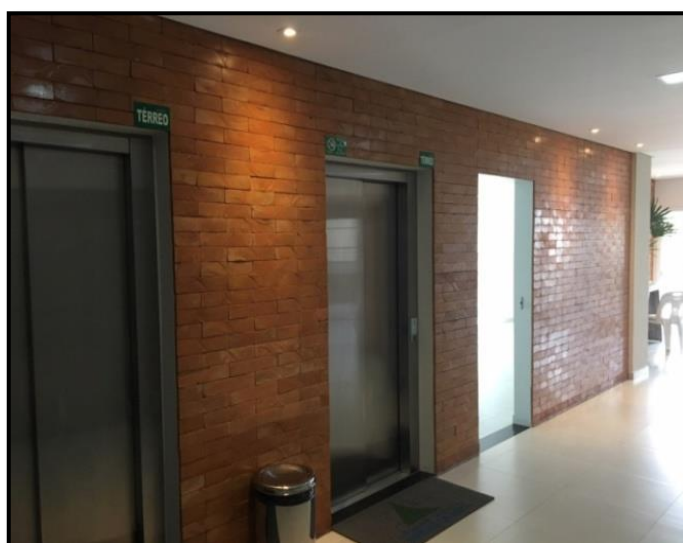
Neste capítulo serão exibidas imagens que demonstram aplicações do tijolo solo-cimento em nossa cidade (Figura 25 a 29) e em outras localidades (Figura 30 a 32). O condomínio Residencial Brisas da Mata, em Anápolis-Go, foi visitado e, neste local, foi aplicado o revestimento de solo-cimento em sua fachada (Figura 25) e no hall de entrada dos elevadores do prédio (Figura 26).

**Figura 25 - Condomínio Residencial Brisas da Mata (Anápolis - GO)**



Fonte: Próprios autores, 2018.

**Figura 26 - Condomínio Residencial Brisas da Mata (Anápolis - GO)**



Fonte: Próprios autores, 2018.

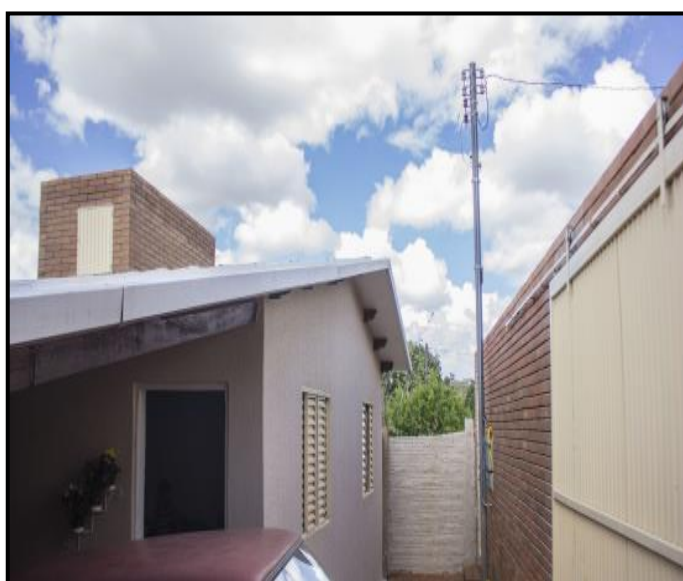
Foi realizado um projeto social, também em Anápolis, com o objetivo de reformar uma casa em um bairro de classe baixa, renovando a estrutura do muro (Figura 27), aumentando alguns cômodos da residência e realizando alguns outros reparos (Figura 28), todos feitos usando o tijolo solo-cimento. Pôde-se notar na cidade, várias residências que constroem seus muros utilizando o tijolo solo-cimento como material principal (Figura 29).

**Figura 27 - Projeto Social Dona Maria (Anápolis - GO)**



Fonte: Próprios autores, 2018.

**Figura 28 - Projeto Social Dona Maria (Anápolis - GO)**



Fonte: Próprios autores, 2018.

**Figura 29 - Fachada Residencial (Anápolis - GO)**



Fonte: Próprios autores, 2018.

Em todo o país, através de pesquisas de imagens em sites sobre o assunto, vê-se que o uso do tijolo solo-cimento é presente nas construções de residências de mais de um pavimento (Figura 30), de hotéis (Figura 31) e até de galpões (Figura 32).

**Figura 30 - Residência de dois pavimentos (Belo Horizonte-MG)**



Fonte: Habitíssimo, 2018.

**Figura 31 - Hotel Pirá Miuná (Bonito-MS)**



Fonte: Eco Máquinas, 2018.

**Figura 32 - Galpão Cachoeira (Campo Grande-MS)**



Fonte: Eco Máquinas, 2018.

**Figura 33 - Residência de dois pavimentos (Vinhedo-SP)**



Fonte: Casa Abril, 2016.

**Figura 34 - Residência de dois pavimentos (Juiz de Fora-MG)**



Fonte: Habitíssimo, 2018.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade na construção civil veio como influenciadora principal para a escolha do assunto. A vasta cobrança de sustentabilidade em nossa sociedade levou a presente pesquisa ao tijolo solo-cimento ou tijolo ecológico, objeto pouco estudado nos cursos de Engenharia Civil.

O desenvolvimento do trabalho possibilitou um estudo mais aprofundado, a fim de expor todo o processo produtivo do tijolo e suas vantagens perante a construção civil e, também, perante o meio ambiente. Através de pesquisas em uma empresa da cidade e a leituras de artigos acadêmicos, conseguiu-se explorar com maior completude o tema abordado, não só pela sociedade acadêmica, mas pela sociedade como um todo, visto que a utilização deste tijolo ecológico, objeto da pesquisa, toca em um dos assuntos mais urgentes do mundo, que é o meio ambiente.

No decorrer das pesquisas, também notou-se que há uma falta de padronização entre os fabricantes do tijolo, fazendo com que seja dificultado o controle tecnológico do material. Com a falta de padronização, percebeu-se que não há mão-de-obra qualificada suficiente para que este material traga um padrão fixo a esse tipo de alvenaria. Constatou-se, também, que o mesmo, apesar de apresentar algumas desvantagens, é um material que tende a crescer dentro da engenharia civil.

Em geral, observou-se que o tijolo solo-cimento veio como uma novidade para a construção civil, por meio de seu processo de produção diferente e de baixo custo, fazendo com que seu mercado futuramente possa se expandir.

Apurou-se que o tijolo solo-cimento pode, sim, trazer benefícios para o meio ambiente sem que a natureza sofra os impactos gerados pela construção. Em seu processo de produção e até mesmo no transporte da matéria prima é notável a quantidade de prevenções que este material faz se comparado com outros materiais de alvenaria.

Portanto torna-se indispensável o desenvolvimento de alguns artifícios como forma de solução para que este material seja mais aplicado na construção civil.

### 6.1 PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS

Com base nas pesquisas efetuadas a respeito do material, foram sugeridas duas propostas para o incentivo do estudo aprofundado do tijolo solo-cimento:

- Um método de padronização e uniformidade dos tijolos, para que haja uma facilidade maior de controle entre os fabricantes, e de compra para os usuários;
- Pesquisas comparando a alvenaria convencional com a alvenaria do tijolo modular, fortalecendo assim os pontos de vista a respeito do tijolo solo-cimento e explicitando suas vantagens para que se tornem mais conhecidas pelo público.
- Implantação de pesquisas e estudos mais aprofundados em relação ao material no meio acadêmico, em especial para os estudantes de Engenharia e Arquitetura, para que ao saírem da universidade saibam mais a respeito do material.



## REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. **Sistemas solo-cal / solo-cimento**. In: REUNIÃO ABERTA DA INDÚSTRIA DA CAL: O USO DA CAL NA ENGENHARIA CIVIL, 5., 1985, São Paulo. Anais... São Paulo: EPUSP / ABCP, 1985. p. 113-20.

AGRAFIOTIS C.; TSOUTSOS, T. **Energy saving technologies in the European ceramic sector: a systematic review**. Applied Thermal Engineering, v. 21, n. 12, Aug. 2001.

ALROMA. **Máquinas para tijolos ecológicos**. Disponível em: <<http://www.alroma.com.br/maquinas>> Acesso em: 29 mar. 2018.

ARAÚJO, Otávio. **Redenção: Moradores reclamam de poluição de cerâmica**. Disponível em: <<http://otavioaraujo.blogspot.com.br/2010/06/redencao-moradores-reclamam-de-poluicao.html>> Acesso em: 21 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagem das misturas de solo cimento: Normas de dosagem e métodos de ensaio**. São Paulo: ABCP, 1986.

\_\_\_\_\_. **Perguntas freqüentes**. São Paulo: ABCP. Acesso em: 21 abr. 2018.

\_\_\_\_\_. **Boletim Técnico: Guia básico de utilização do Cimento Portland**. São Paulo, ABCP, Dezembro, 2002.

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, 2012a.

\_\_\_\_\_. **NBR 12989: Cimento Portland branco**. Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 13116: Cimento Portland de baixo calor de hidratação**. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 5732: Cimento Portland Comum**. Rio de Janeiro, 1991b.

\_\_\_\_\_. **NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial**. Rio de Janeiro, 1991c.

\_\_\_\_\_. **NBR 5735: Cimento Portland de alto forno**. Rio de Janeiro, 1991d.

\_\_\_\_\_. **NBR 5736: Cimento Portland pozolânico**. Rio de Janeiro, 1991e.

\_\_\_\_\_. **NBR 5737: Cimento Portland resistentes a sulfatos**. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 6502: Rochas e Solos**. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 8491: Tijolo solo-cimento - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2012b.

\_\_\_\_\_. **NBR 8492: Tijolo solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência a compressão e da absorção de água**. Rio de Janeiro, 2012c.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 10: Cimento Portland - Análise química - Disposições Gerais.**Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ARQUITETURA BIOLÓGICA (ANAB). **Arquitetura Bioecológica.** São Paulo, 2009.

BARBOSA, N. P. S; GHAVAMI, K. **Terra Crua para Edificações.** In: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2010, 2ª. Ed, v.2.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de Construção.**v.1. UFU-MG, 2000.

BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade:**uma análise comparativa.Rio de Janeiro: FGV, 2005.

BROWN, P. A.; GILL, S. A.; ALLEN, S. J. **Metal removal from wastewater using peat.**Water Research, v. 34, 2000.

CASA ABRIL. **Tijolo ecológico.** Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materia/paredes-de-concreto-taipas>> Acesso em: 5 mai. 2018.

CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento. **Manual de construção com solo-cimento.** Camaçari: CEPED, 1984. 116p.

CORREA, Lásaro Roberto.**Sustentabilidade na Construção Civil.** Monografia da Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2009.

ECO MÁQUINAS. Disponível em: <<https://ecomaquinas.com.br/index.php/bra/tijolo-ecologico-modelos-de-blocos-e-tijolos>> Acesso em: 17 mar. 2018.

ECO PRODUÇÃO. **Tijolo ecológico modular:** manual prático. Disponível em: <<http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>> Acesso em: 2 fev. 2018.

FARIA, J. R. G. **Unidade de produção de tijolos de solo estabilizado.** Dissertação de Mestrado, EESC-USP, São Carlos, 1990.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Compressibilidade e adensamento:** recalque em solos argilosos.Rio de Janeiro: UERJ, 2011.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa.** São Carlos: EESC-USP, 2003.

HABITÍSSIMO. **Casa feita com tijolo ecológico.** Disponível em: <[https://fotos.habitissimo.com.br/foto/casa-feita-com-tijolo-ecologico-em-juiz-de-fora-mg\\_713513](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/casa-feita-com-tijolo-ecologico-em-juiz-de-fora-mg_713513)> Acesso em 5 mai. 2018.

INFO ESCOLA. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/civilizacao-egipcia/piramide-de-queops/>> Acesso em 03 de Abril, 2018.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** 2ª ed., v.1. São Paulo, IBRACON, 2010a.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** 2ª ed., v.2. São Paulo, IBRACON, 2010b.

LIMA, Thiago Vicente. **Estudo da produção de blocos de solo-cimento com matérias-primas do núcleo urbano da cidade de Campo dos Goytacazes.** Rio de Janeiro: UENF, 2006.

MOTTA, J. C. S. S. **Tijolo de solo cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis.** Belo Horizonte: UNIBH, 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Materials Count. the case for material flows Analysis.** Washington: National Academy of Sciences, 2000.

NEVES, Célia. **Técnicas de Construção com Terra.** Faculdade de Engenharia de Bauru – Universidade Estadual Paulista, 2011.

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.

PITTA, M. R. **Estabilização com solo-cimento.** Revista Techne, Editora Pini, São Paulo-SP, nº 17, Julho/Agosto, 1995.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos solos em 16 aulas.** São Paulo: Oficina de Textos, 3ª ed., 2006.

PINTO, Lucas Mazzoleni. **Estudo de Tijolo solo-cimento com adição de resíduo de construção civil.** Santa Maria: UFSM-RS, 2015.

PORTAL DO CONCRETO. **Cimento Portland composto com filler.** Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/cp2-f.html>> Acesso em: 21 abr. 2018.

REDEMAT. Disponível em: <[http://www.redemat.ufop.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=922:influencia-da-basicidade-da-escoria-de-alto-forno-como-adicao-ao-concreto&catid=66:2011&Itemid=64](http://www.redemat.ufop.br/index.php?option=com_content&view=article&id=922:influencia-da-basicidade-da-escoria-de-alto-forno-como-adicao-ao-concreto&catid=66:2011&Itemid=64)> Acesso em: 4 mai. 2018.

RIBEIRO, Carmem Couto; Pinto, Joana Darc da Silva; Starling, Tadeu. **Materiais de construção civil.** UFMG, Belo Horizonte, 2011.

SAHARA, **Folheto:** O solo-cimento na fabricação do tijolo-modular. Tecnologia máquinas e equipamentos LTDA, 2001.

SALA, L. G., **Proposta de Habitação Sustentável para Estudantes Universitários.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Ijuí, 2006.

SAMPAIO, GUILHERME SANTOS. **Estudo interdisciplinar da viabilidade de aplicação do tijolo de solo-cimento na construção civil: economia aliada à sustentabilidade.**FATEA, 2015.

SOUZA, Natália Cerqueira de. **Análise de desempenho do contra-piso autonivelante em relação ao sistema tradicional.** Programa de Pós Graduação em construção civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. **Considerações sobre a sustentabilidade da construção em terra.** *In* FORUM INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 1, Porto, Portugal, 2009.

UCHIMURA, M.S., **Dossiê Técnico - Solo-cimento.** Instituto de Tecnologia do Paraná, 2006.

VERDE EQUIPAMENTOS. Disponível em:  
<<http://verdeequipamentos.com.br/produtos/peneira-eletrica/>> Acesso em: 15 abril, 2018.