



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**USO DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E
SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
– UMA REVISÃO DA LITERATURA**

THALIA OLIVEIRA FARIAS

POMBAL – PB

2023

THALIA OLIVEIRA FARIAS

USO DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E
SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
– UMA REVISÃO DA LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Unidade Acadêmica de
Ciências e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Engenheira
Civil.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Ricélia Maria
Marinho Sales

Coorientador(a): Prof^a. Dr^a. Suelen Silva
Figueiredo Andrade

POMBAL – PB

2023

F224u Farias, Thalia Oliveira.

Uso do tijolo de solo-cimento na construção civil e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável – uma revisão da literatura / Thalia Oliveira Farias. – Pombal, 2023.

58 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Ricélia Maria Marinho Sales, Profa. Dra. Suelen Silva Figueiredo Andrade.”

Referências.

1. Tijolo de solo-cimento. 2. Tijolo ecológico. 3. Agenda 2030. 4. Sustentabilidade. I. Sales, Ricélia Maria Marinho. II. Andrade, Suelen Silva Figueiredo. III. Título.

CDU 666.71(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

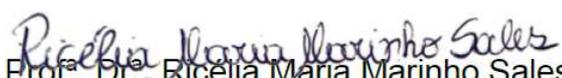
PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

THALIA OLIVEIRA FARIAS

**USO DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA
CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – UMA
REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente THALIA OLIVEIRA FARIAS **APROVADO** em dia 12 de julho de 2023 ano pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.


Prof. Dr. Ricélia Maria Marinho Sales
(Orientadora – UFCG)

Documento assinado digitalmente

 SUELEN SILVA FIGUEIREDO ANDRADE
Data: 19/07/2023 10:40:57-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Suelen Silva Figueiredo Andrade
(Coorientadora – UFCG)



Assinado digitalmente por EDUARDO
MORAIS DE MEDEIROS:06778859466
Razão: Eu atesto a precisão e a
integridade deste documento
Localização: UFCG - Campus Pombal
Data: 2023.07.19 13:32:51-03'00'

Prof. Dr. Eduardo Moraes de Medeiros

Documento assinado digitalmente

 RAQUEL FERREIRA DO NASCIMENTO
Data: 19/07/2023 12:15:44-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof^a. Me. Raquel Ferreira do Nascimento
(Membro Externo – IFPB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades e conseguir chegar até aqui.

Aos meus pais, Evilamar e Antônio Neto, que sempre me apoiaram desde a formação na escola até a conclusão da jornada universitária, sempre me incentivando nos momentos difíceis e compreendendo minhas ausências para me dedicar aos estudos.

Ao meu noivo, Emerson Oliveira, que sempre esteve presente me dando apoio durante toda a minha jornada acadêmica e principalmente, durante a realização deste trabalho.

A minha orientadora, Ricélia Marinho, por todos os ensinamentos passados não só durante a realização desse trabalho, mas também em outras disciplinas do curso, sempre contribuindo com o meu aprendizado.

A minha coorientadora, Suelen Figueiredo, pela paciência e por todo o apoio que me foi dado durante a realização desse trabalho.

Aos meus familiares e amigos que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho, em especial à minha cunhada Hevila Gomes.

E à UFCG, por me permitir receber tanto aprendizado durante todos os anos da minha vida acadêmica.

*“Uma mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

Albert Einstein

RESUMO

O tijolo de solo-cimento, resultado de uma mistura homogênea de solo, cimento Portland e água, surgiu como uma alternativa à construção civil capaz de reduzir os danos causados pelo setor ao meio ambiente. O estudo desses tijolos pode contribuir para a geração de um impacto ambiental positivo, além de promover um importante impacto social ao possibilitar o alcance de metas e objetivos da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas e também reduzir os custos de execução das obras de engenharia. Com isso, esse estudo analisa, a partir de uma revisão da literatura, realizada utilizando as bases de dados do Google Acadêmico, Scielo e Periódico CAPES, os benefícios e prejuízos ambientais causados pelo uso dos tijolos ecológicos na construção civil, bem como a viabilidade ecológica, técnica e econômica do seu uso em substituição aos blocos cerâmicos convencionais, e a possibilidade de contribuição com a Agenda 2030 das Nações Unidas, em busca da promoção de um trabalho conjunto entre a construção civil e o desenvolvimento sustentável. Essa pesquisa apresentou ser uma importante fonte na qual podem ser baseados estudos sustentáveis, contudo é necessário que sejam realizadas mais pesquisas a respeito dos tijolos de solo-cimento, a fim de popularizar o seu uso no mercado de materiais construtivos, contribuindo para uma maior sustentabilidade na construção civil.

Palavras-chave: Tijolo de solo-cimento. Tijolo ecológico. Agenda 2030. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The soil-cement brick, the result of a homogeneous mixture of soil, Portland cement, and water, emerged as an alternative to civil construction capable of reducing the damage caused by the sector to the environment. The study of these bricks can contribute to the generation of a positive environmental impact, in addition to promoting an important social impact by enabling the achievement of goals and objectives of the 2030 Agenda of the United Nations and also reducing the costs of executing engineering works. With this, this study analyzes, from a literature review, carried out using the databases of Google Academic, Scielo, and Periodic CAPES, the environmental benefits and damages caused by the use of ecological bricks in civil construction, as well as the ecological viability, technical and economic of its use as a substitute for conventional ceramic blocks, and the possibility of contributing to the United Nations 2030 Agenda, seeking to promote joint work between civil construction and sustainable development. This research proved to be an important source on which sustainable studies can be based, however, it is necessary to carry out more studies about soil-cement bricks, in order to popularize their use in the construction materials market, contributing to greater sustainability. in civil construction.

Keywords: Soil-cement brick. Ecologic brick. Agenda 2030. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030	18
Figura 2 – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11.	19
Figura 3 – Tijolo de solo-cimento: bloco canaleta, meio bloco e bloco comum.	23
Figura 4 – Resíduos provenientes da construção civil.	27
Figura 5 – Canteiro de obras de uma construção com tijolos de solo-cimento.	28
Figura 6 – Rega dos tijolos de solo-cimento durante o processo de cura.	31
Figura 7 – Tijolos de solo-cimento armazenados durante o processo de cura.	33
Figura 8 – Tijolos de solo-cimento armazenados à sombra durante o processo de cura.	34
Figura 9 – Queima de blocos cerâmicos realizada durante o processo de cura.	34
Figura 10 – Câmaras termoacústicas formadas quando os tijolos são sobrepostos.	37
Figura 11 – Modelos de pilares executados com tijolos ecológicos.	37
Figura 12 – Concretagem de pilares utilizando a técnica construtiva dos tijolos de solo-cimento.....	38
Figura 13 – Concretagem das vigas utilizando os tijolos ecológicos do tipo canaleta.	39
Figura 14 – Passagem das tubulações hidráulicas pelos furos dos tijolos ecológicos.	40
Figura 15 – Instalações elétricas em uma construção de tijolos de solo-cimento.	41
Figura 16 – Construção com tijolos de solo-cimento.....	42
Figura 17 – Construção com tijolos ecológicos de solo-cimento.....	43
Figura 18 – Construção com tijolos ecológicos.	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.....	17
Quadro 2 – Metas e Indicadores Globais do ODS 11 da Agenda 2030 da ONU.	20
Quadro 3 – Pesquisas com adição de materiais alternativos ao solo-cimento.....	29
Quadro 4 – Comparação: tijolo ecológico x bloco cerâmico.....	49
Quadro 5 – Fábricas de tijolos de solo-cimento localizadas na região Nordeste.	50

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CO ₂	Dióxido de Carbono
HIS	Habitação de Interesse Social
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PET	Polietileno Tereftalato
PVA	Acetato de Polivinila

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1.	Justificativa	14
1.2.	Objetivos.....	15
1.2.1.	<i>Objetivo Geral</i>	15
1.2.2.	<i>Objetivos Específicos.....</i>	15
1.3.	Escopo do Trabalho.....	15
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1.	Uso do tijolo de solo-cimento na construção civil e sua contribuição com a Agenda 2030 da ONU.....	17
2.1.1.	<i>Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas</i>	17
2.1.2.	<i>Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 – Cidades e comunidades sustentáveis.....</i>	19
2.1.3.	<i>A contribuição do uso do tijolo de solo-cimento na construção civil para o ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis da Agenda 2030 da ONU</i>	22
2.1.3.1.	Meta 11.1.....	23
2.1.3.2.	Meta 11.6.....	24
2.1.3.3.	Meta 11.c.....	25
2.2.	Aspectos ambientais positivos e negativos do uso do tijolo de solo-cimento na construção civil	26
2.3.	Tijolo de solo-cimento x Bloco cerâmico: um breve comparativo do ponto de vista ecológico, técnico e econômico	32
2.3.1.	<i>Ecológico.....</i>	32
2.3.2.	<i>Técnico</i>	35
2.3.3.	<i>Econômico.....</i>	44
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	47
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
5.	CONCLUSÕES.....	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

A construção civil está entre os setores responsáveis pelo aumento da degradação do meio ambiente, desde a extração de matéria-prima para a fabricação de materiais até a grande geração de resíduos sólidos durante a execução das obras de engenharia. Por este motivo, muito se estuda a fim de encontrar soluções para que essa degradação possa ser mitigada e fazer com que a construção civil contribua com o desenvolvimento sustentável.

O conceito de desenvolvimento sustentável, segundo o Relatório Brundtland, intitulado Nosso Futuro Comum, da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991, p. 46), é “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Portanto, uma construção sustentável deve contar com elementos que contribuam para a preservação do meio ambiente ou que reduzam os danos que possam vir a ser causados pelas obras. Dentre estes elementos estão o uso de novas técnicas construtivas, bem como de materiais de construção alternativos.

Um desses materiais é o tijolo de solo-cimento, que segundo a ABNT NBR 8491 (2012, p. 1), é definido como “uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos e/ou pigmentos em proporções que atendam aos requisitos da norma.” Também é conhecido como tijolo ecológico, por ter um processo de fabricação que utiliza basicamente uma prensa mecânica ou hidráulica e dispensa a queima, comumente necessária na confecção de tijolos convencionais, evitando o corte de árvores, bem como a emissão de gases poluentes.

Segundo Mendes et al. (2007), há indícios de ter sido utilizado algo semelhante ao solo-cimento ainda no período neolítico, mas não se sabe ao certo quando o seu uso teve início. Bauer (1995, p. 695) afirma que:

O solo como material de construção tem sido utilizado há pelo menos dez mil anos, sendo registrado em culturas antigas como a grega e a romana. Algumas destas obras resistem ao tempo, conservando sua qualidade estética e principalmente, sua qualidade estrutural. O uso de aglomerantes hidráulicos como estabilizador de solo, para construções, só ocorre mais tarde, uma vez que esse tipo de aglomerante só foi descoberto por volta de 1800.

No Brasil, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) deu início aos estudos a respeito do solo-cimento no ano de 1936, a fim de regulamentar o seu uso

(LEITÃO, BERTHOLDO, 2018). Em 1945, foi utilizado pela primeira vez no Brasil na construção de uma casa de bombas de 42m² para abastecer as obras do aeroporto de Santarém, no Pará. (OLIVEIRA, 2020).

Infelizmente, quando comparado a outros materiais utilizados para alvenarias, o tijolo de solo-cimento tem uma baixa popularidade. Segundo Fiais e Souza (2017), esse é o fator principal para o desinteresse sobre o material. Porém, estudos a seu respeito podem ajudar a reverter esse quadro, contribuindo para sua credibilidade e expansão no mercado.

Portanto, com a finalidade de colaborar para que o uso do tijolo de solo-cimento seja intensificado no mercado da construção civil, contribuindo com a redução de custos e o tempo de execução das obras, bem como o impacto ambiental, este trabalho reúne referências que fundamentam e buscam promover o seu uso.

1.1. Justificativa

Por ser um dos maiores consumidores de matéria prima e geradores de resíduos, o setor da construção civil vem sendo bastante cobrado por seus constantes desperdícios e impactos ambientais causados durante a realização de obras. (FRANÇA; SIMÕES, 2018). Com isso, se intensifica a busca por materiais e métodos que reduzam o impacto ambiental.

Embora seja um material bastante utilizado no exterior, em países como os Estados Unidos, além de grande parte do continente Europeu, e contribuir de diversas formas para a evolução da construção civil, bem como para o desenvolvimento sustentável, o tijolo de solo-cimento ainda é pouco usado no Brasil.

Os tijolos de solo-cimento contribuem diretamente com o desenvolvimento sustentável, pois possuem um baixo consumo de energia na extração da matéria prima, dispensam o processo de queima e reduzem a necessidade de transporte, visto que, em alguns casos, os tijolos podem ser produzidos com o solo do próprio local da obra. (GRANDE, 2003).

O tijolo de solo-cimento busca atender ao critério de adequação ambiental, visto que tem como princípio, uma menor degradação do meio ambiente, quando comparado aos métodos convencionais. (CORDEIRO; MACHADO, 2017).

O seu uso contribui com vários fatores importantes em uma construção, tais como:

- a redução do custo das obras devido a abundância de matéria-prima;
- dispensa a necessidade de passar por etapas de acabamento, visto que, em sua forma natural, é esteticamente apreciado por arquitetos e engenheiros, o que também contribui para que o tempo de execução da obra seja reduzido;
- minimiza o desperdício de materiais tanto durante sua produção, quanto durante a execução das obras, o que também reduz a geração de resíduos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Realizar uma revisão da literatura, a fim de analisar a viabilidade do uso do tijolo de solo-cimento na construção civil e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Descrever como o uso do tijolo de solo-cimento na construção civil impacta na Agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas);
- Identificar os aspectos ambientais positivos e negativos de uma construção com tijolo de solo-cimento;
- Comparar, do ponto de vista ecológico, técnico e econômico, as construções com tijolos de solo-cimento e com blocos cerâmicos convencionais.

1.3. Escopo do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco tópicos principais, tendo início na Introdução, que apresenta a contextualização do tema, juntamente com a justificativa, o objetivo geral e os objetivos específicos.

O segundo tópico traz o referencial teórico, parte principal deste trabalho, visto que o mesmo se trata de uma revisão de literatura. Neste tópico são discutidos temas como a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), mais precisamente o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 – Cidades e comunidades resilientes; o uso do tijolo de solo-cimento na construção civil e sua contribuição para

a Agenda 2030; os aspectos ambientais positivos e negativos de uma construção com tijolo de solo-cimento, uma comparação do ponto de vista ecológico, técnico e econômico, entre as construções com tijolos de solo-cimento e com blocos cerâmicos.

A metodologia é apresentada no terceiro tópico, caracterizando a natureza da pesquisa, descrevendo os procedimentos metodológicos adotados, os materiais utilizados e o critério de escolha, análise e tratamento dos dados.

No quarto tópico são apresentados os resultados obtidos com a realização deste trabalho, os quais tratam da viabilidade ecológica, técnica e econômica do uso do tijolo ecológico de solo-cimento na construção civil em substituição ao bloco cerâmico convencional e como o uso desse material pode contribuir para alcançar as metas do ODS 11 da Agenda 2030 das Nações Unidas.

As conclusões da pesquisa são apresentadas no quinto tópico, as quais destacam as principais deduções feitas a partir da análise dos resultados, que visam contribuir para o crescimento do uso do tijolo de solo-cimento em conjunto com o desenvolvimento sustentável.

Por fim estão as referências que foram utilizadas para construir a fundamentação teórica deste trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Uso do tijolo de solo-cimento na construção civil e sua contribuição com a Agenda 2030 da ONU

2.1.1. Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas

De acordo com o Supremo Tribunal Federal (STF) (2020), a Agenda 2030 da ONU é um plano global para atingirmos em 2030 um mundo melhor para todos os povos e nações. Surgiu através do encontro de 193 estados membros da Assembleia Geral das Nações Unidas, realizada em setembro de 2015, na cidade de Nova York.

Na Assembleia Geral das Nações Unidas foram estabelecidos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, descritos no Quadro 1. Segundo o STF (2020), “o compromisso assumido pelos países com a agenda envolve a adoção de medidas ousadas, abrangentes e essenciais para promover o Estado de Direito, os direitos humanos e a responsividade das instituições políticas.”

Quadro 1 – Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	META
1 – Erradicação da pobreza	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
2 – Fome zero e agricultura sustentável	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
3 – Saúde e bem-estar	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
4 – Educação de qualidade	Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
5 – Igualdade de gênero	Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
6 – Água potável e saneamento	Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos.
7 – Energia limpa e acessível	Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos.
8 – Trabalho decente e crescimento econômico	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.
9 – Indústria, inovação e infraestrutura	Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação.
10 – Redução das desigualdades	Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
11 – Cidades e comunidades sustentáveis	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
12 – Consumo e produção responsáveis	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

13 – Ação contra a mudança global do clima	Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.
14 – Vida na água	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
15 – Vida terrestre	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.
16 – Paz, justiça e instituições eficazes	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
17 – Parcerias e meios de implementação	Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Autoria própria. (adaptado de ODS BRASIL).

É possível observar que a Agenda 2030 tem seus ODS e suas metas traçados de acordo com a realidade do planeta, todas as suas alterações climáticas, limites e problemas, bem como de acordo com o desenvolvimento e a garantia dos direitos humanos a nível mundial. (GUERREIRO FILHO, 2022). A Figura 1 apresenta os 17 ODS da Agenda 2030 da ONU.

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030



Fonte: Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 (2023).

A implementação da Agenda 2030 teve início em janeiro de 2016, dando continuidade à Agenda de Desenvolvimento do Milênio (2000-2015), porém com uma abrangência maior, passando a tratar desde o desenvolvimento econômico, a inclusão

social, a sustentabilidade ambiental, a erradicação da pobreza, da miséria e da fome, e a boa governança em todos os níveis, incluindo paz e segurança. (ODS BRASIL).

2.1.2. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 – Cidades e comunidades sustentáveis

A importância dos ODS é reforçada devido a preocupante situação em que a humanidade se encontra, com o esgotamento dos recursos naturais devido à grande demanda necessária para sustentar o atual estilo de vida da humanidade, bem como devido às mudanças climáticas também decorrentes do modelo de sociedade que vem sendo implementado desde a revolução industrial. (GUERREIRO FILHO, 2022).

De acordo com Farias (2022), o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 é tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, portanto, não trata de um só tema específico, mas sim da problemática geral entre as cidades e a urbanização em si, abrangendo diversos indicadores de desenvolvimento sustentável. O ODS 11 está descrito na Figura 2.

Figura 2 – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11.



Fonte: Universidade de São Paulo (2023).

As metas e os indicadores do Objetivo 11 da Agenda 2030 tratam de temas diretamente relacionados à urbanização, como mobilidade, gestão de resíduos sólidos e saneamento, bem como o planejamento e aumento de resiliência dos assentamentos humanos, sempre considerando as diferentes necessidades de cada área. (SILVA et al., 2021).

De acordo com o ODS Brasil, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11: “Cidades e Comunidades Sustentáveis” da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas possui 10 metas, cada uma com seus indicadores específicos, e estão apresentadas de forma detalhada no Quadro 2.

Quadro 2 – Metas e Indicadores Globais do ODS 11 da Agenda 2030 da ONU.

METAS	INDICADORES GLOBAIS
11.1: Até 2030, garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas.	11.1.1: Proporção de população urbana vivendo em assentamentos precários, assentamentos informais ou domicílios inadequados.
11.2: Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos.	11.2.1: Proporção de população que tem acesso adequado a transporte público, por sexo, idade e pessoas com deficiência.
11.3: Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países.	11.3.1: Razão da taxa de consumo do solo pela taxa de crescimento da população. 11.3.2: Proporção de cidades com uma estrutura de participação direta da sociedade civil no planejamento e gestão urbana que opera de forma regular e democrática.
11.4: Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo.	11.4.1: Total da despesa (pública e privada) per capita gasta na preservação, proteção e conservação de todo o patrimônio cultural e natural, por tipo de patrimônio (cultural, natural, misto e por designação do Centro do Patrimônio Mundial), nível de governo (nacional, regional e local), tipo de despesa (despesas correntes/de investimento) e tipo de financiamento privado (doações em espécie, setor privado sem fins lucrativos e patrocínios).
11.5: Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade.	11.5.1: Número de mortes, pessoas desaparecidas e pessoas diretamente afetadas atribuído a desastres por 100 mil habitantes. 11.5.2: Perdas econômicas diretas em relação ao PIB, incluindo danos causados por desastres em infraestruturas críticas e na interrupção de serviços básicos.
11.6: Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.	11.6.1: Proporção de resíduos sólidos urbanos coletados e gerenciados em instalações controladas pelo total de resíduos urbanos gerados, por cidades. 11.6.2: Nível médio anual de partículas inaláveis (ex: com diâmetro inferior a 2,5 µm e 10 µm) nas cidades (população ponderada).
11.7: Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.	11.7.1: Proporção da área construída cidades que é espaço público aberto para uso de todos, por sexo, idade e pessoas com deficiência. 11.7.2: Proporção da população vítima de assédio físico ou sexual, por sexo, grupo etário,

	<p>11.a: Apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, peri-urbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento.</p> <p>11.b: Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.</p> <p>11.c: Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais.</p>
	<p>11.a.1: Número de países que possuem políticas urbanas nacionais ou planos de desenvolvimento regional que (a) respondem à dinâmica populacional; (b) garantem um desenvolvimento territorial equilibrado; e (c) possuem responsabilidade fiscal.</p> <p>11.b.1: Número de países que adotam e implementam estratégias nacionais de redução de risco de desastres em linha com o Marco de Sendai para a Redução de Risco de Desastres 2015-2030.</p> <p>11.b.2: Proporção de governos locais que adotam e implementam estratégias locais de redução de risco de desastres em linha com as estratégias nacionais de redução de risco de desastres.</p> <p>11.c.1 Percentual de apoio financeiro aos países de menor desenvolvimento relativo que é atribuído à construção e modernização de edifícios sustentáveis, resilientes e eficientes em termos de recursos, utilizando materiais locais. *</p>
<p>*De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018.</p>	

Fonte: Autoria própria. (adaptado de ODS BRASIL).

Segundo Guerreiro Filho (2022), no Brasil, todas essas metas foram estudadas de maneira detalhada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), sendo adaptadas de forma adequada à realidade nacional, o que, de acordo com Farias (2022), permitiu uma maior flexibilidade na criação dos indicadores, tornando possível a utilização dos dados disponibilizados diretamente pelo país, a fim de que haja um maior nível de detalhe nas condições de desenvolvimento das cidades brasileiras.

Após as adaptações realizadas pelo IPEA, as metas do ODS 11 adequadas à realidade do Brasil passaram a ser:

Meta 11.1: Até 2030, garantir o acesso de todos a moradia digna, adequada e a preço acessível; aos serviços básicos e urbanizar os assentamentos precários de acordo com as metas assumidas no Plano Nacional de Habitação, com especial atenção para grupos em situação de vulnerabilidade.

Meta 11.2: Até 2030, melhorar a segurança viária e o acesso à cidade por meio de sistemas de mobilidade urbana mais sustentáveis, inclusivos, eficientes e justos, priorizando o transporte público de massa e o transporte ativo, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, como aquelas com deficiência e com mobilidade reduzida, mulheres, crianças e pessoas idosas.

Meta 11.3: Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, aprimorar as capacidades para o planejamento, para o controle social e para a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos humanos, em todas as unidades da federação.

Meta 11.4: Fortalecer as iniciativas para proteger e salvaguardar o patrimônio natural e cultural do Brasil, incluindo seu patrimônio material e imaterial.

Meta 11.5: Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por desastres naturais de origem hidrometeorológica e climatológica, bem como diminuir substancialmente o número de pessoas residentes em áreas de risco e as perdas econômicas diretas causadas por esses desastres em relação ao produto interno bruto, com especial atenção na proteção de pessoas de baixa renda e em situação de vulnerabilidade.

Meta 11.6: Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, melhorando os índices de qualidade do ar e a gestão de resíduos sólidos; e garantir que todas as cidades com acima de 500 mil habitantes tenham implementado sistemas de monitoramento de qualidade do ar e planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Meta 11.7: Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, em particular para as mulheres, crianças e adolescentes, pessoas idosas e pessoas com deficiência, e demais grupos em situação de vulnerabilidade.

Meta 11.a: Apoiar a integração econômica, social e ambiental em áreas metropolitanas e entre áreas urbanas, periurbanas, rurais e cidades gêmeas, considerando territórios de povos e comunidades tradicionais, por meio da cooperação interfederativa, reforçando o planejamento nacional, regional e local de desenvolvimento.

Meta 11.b: Até 2030, aumentar significativamente o número de cidades que possuem políticas e planos desenvolvidos e implementados para mitigação, adaptação e resiliência a mudanças climáticas e gestão integrada de riscos de desastres de acordo com o Marco de SENDAI.

Meta 11.c: Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e robustas, priorizando recursos locais. (IPEA, 2018).

Diante dessas metas adaptadas à realidade nacional, a esperança que existe é de que os problemas presentes em todos os assentamentos humanos do Brasil desafiem o Estado, as instituições, as organizações não governamentais, as universidades e toda a sociedade a procurar soluções sustentáveis a fim de reduzir os problemas ambientais. (SILVA et al., 2021).

2.1.3. A contribuição do uso do tijolo de solo-cimento na construção civil para o ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis da Agenda 2030 da ONU

As metas do ODS 11, adaptadas à realidade do Brasil, devem ser encaradas como desafios a serem enfrentados pelos profissionais da construção civil, de forma que a busca por soluções construtivas, reciclagem de resíduos, eliminação do desperdício nas obras, e uso de materiais alternativos tornem possível alcançar construções cada vez mais sustentáveis. (LEITÃO, BERTHOLDO, 2018).

De acordo com Leitão e Bertholdo (2018), essa busca por soluções e materiais alternativos contribui para o surgimento de novas técnicas construtivas e materiais com sistemas construtivos inovadores e de alto desempenho, buscando desenvolver

uma relação saudável entre a qualidade e o baixo custo da obra, sem prejudicar o meio ambiente.

Como alternativa viável, tem-se o tijolo ecológico de solo-cimento, que é produzido de solo, cimento e água, e promete ser uma solução para alcançar algumas das metas do ODS 11, visto que seu processo de fabricação é simples e favorece a redução dos custos, da geração de resíduos e do prazo de construção. (LEITÃO, BERTHOLDO, 2018). Na Figura 3 é possível ver os formatos mais comuns nos quais os tijolos de solo-cimento são confeccionados.

Figura 3 – Tijolo de solo-cimento: bloco canaleta, meio bloco e bloco comum.



Fonte: Karla Cunha (2012).

2.1.3.1. Meta 11.1

A primeira meta do ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis visa garantir a todos o acesso à habitação segura, apropriada e integrada aos serviços básicos, tudo isso a um preço acessível. (IPEA, 2018).

Outro tópico importante trabalhado na meta 11.1 é a urbanização das favelas, que segundo Guerreiro Filho (2022), deve se iniciar o mais rápido possível, visto que

a situação em que essas áreas se encontram é bastante crítica. Com isso, utilizando técnicas inovadoras e processos de implementação que possam ser aplicados até mesmo com a ajuda dos próprios moradores, incluindo os que não têm moradia própria, busca-se solidificar os vínculos locais e a possível regularização dessas áreas.

Nesse contexto, o tijolo de solo-cimento surge como possível solução para que essas metas sejam alcançadas. Mesmo apresentando valor superior aos dos tijolos convencionais, sua relação custo-benefício ao final da obra se sobressai em relação a outros métodos construtivos. Segundo Sampaio (2015), o valor final do serviço pode alcançar uma redução de 40% no valor da obra, principalmente devido a redução dos custos com outros materiais, tais como madeira, areia e brita, que seriam necessários em uma obra realizada com tijolos convencionais. (LIMA et al., 2015).

Outra vantagem que o tijolo ecológico tem sobre os tijolos convencionais e que contribui para o alcance dessa meta, em relação à urbanização das favelas, é a rapidez do seu processo construtivo, reduzindo o tempo de obra e, conseqüentemente, o custo final. De acordo com Lima et al. (2015), por sua instalação ser toda em encaixe, sem haver a necessidade de argamassa de assentamento, o processo construtivo ocorre de forma mais rápida e eficiente, proporcionando mais agilidade na construção de moradias, acelerando o processo de urbanização dessas áreas.

2.1.3.2. Meta 11.6

De acordo com o IPEA (2018), a meta 11.6 busca melhorar a qualidade do ar e a gestão de resíduos sólidos, propondo implementar planos de gerenciamento dos resíduos e de monitoramento da qualidade do ar.

Tratando da gestão de resíduos sólidos, essa meta está relacionada ao uso eficiente dos recursos naturais desde a extração, transporte e consumo até o descarte. (GUERREIRO FILHO, 2022). Em relação ao monitoramento da qualidade do ar, o IPEA (2018) afirma que é aplicado em cidades com mais de 500 mil habitantes.

No que se refere a meta 11.6, o tijolo de solo-cimento surge como uma solução para reduzir tanto a geração de resíduos sólidos, como a emissão de gases tóxicos que prejudicam a qualidade do ar. (PISANI, 2005).

Por ser modular, o tijolo ecológico simplifica as etapas de instalações hidráulicas e elétricas, evitando os desperdícios que são comuns em obras que utilizam tijolos convencionais, onde a alvenaria precisa ser quebrada para que seja feita a passagem dos eletrodutos e das tubulações hidráulicas. (LIMA et al., 2015).

Além disso, o processo de fabricação do tijolo de solo-cimento dispensa a queima, o que contribui tanto para a redução da quantidade de agentes poluentes no ar, tais como o monóxido de carbono; como para a preservação de áreas que seriam desmatadas para que a madeira fosse utilizada na queima, economizando assim, mais esse recurso natural. (OLIVEIRA, 2020).

2.1.3.3. Meta 11.c

Essa meta está ligada diretamente ao apoio técnico-financeiro que deve ser oferecido aos países menos desenvolvidos para que eles consigam executar construções sustentáveis, que suportem as variações climáticas e sejam construídas principalmente com a utilização de materiais locais.

Em relação à utilização de materiais locais para construir, o tijolo de solo-cimento é uma solução viável para que a meta 11.c do ODS 11 seja alcançada, visto que, segundo Cordeiro e Machado (2017), o solo é um material que pode ser encontrado de forma abundante na natureza, podendo ser utilizado o solo do próprio local da obra, de locais próximos, reduzindo também o custo com o transporte de material.

2.2. Aspectos ambientais positivos e negativos do uso do tijolo de solo-cimento na construção civil

Segundo a ANAB (2009, apud FRANÇA; SIMÕES, 2018), além de ser responsável pela geração de 67% dos resíduos sólidos do país, a construção civil também consome 40% de seus recursos naturais. Com isso, se torna crescente a necessidade de inovar nos materiais e nos processos construtivos a fim de tornar as construções mais sustentáveis. (LIMA et al., 2015).

Diante desse cenário, Oliveira (2020) afirma que se torna bastante relevante a busca pelo uso de materiais que ajudem a minimizar a quantidade de resíduos sólidos gerada pela construção civil, bem como o emprego de novas técnicas construtivas que ajudem a tornar as obras mais sustentáveis.

Em relação à geração de resíduos sólidos, os tijolos ecológicos surgem como uma opção de material sustentável, visto que os próprios resíduos gerados por construções convencionais podem servir como insumos para a fabricação de tijolos de solo-cimento, reduzindo assim, o impacto causado ao meio ambiente. (OLIVEIRA, 2020).

Santana et al. (2013, p. 3) destaca que “a cada 1000 tijolos ecológicos, o equivalente a 2,5 m³ de entulhos da construção civil acabam sendo reincorporados no processo produtivo, para a fabricação de tijolos, o que equivale a 150 m³ retirados de entulhos ao mês.”

Com isso, resíduos que antes seriam descartados como entulho, como representado na Figura 4, podem ser reaproveitados em outras obras por meio da incorporação desses materiais ao solo utilizado na fabricação de tijolos de solo-cimento, não só reduzindo a quantidade de resíduos sólidos descartada no meio ambiente, mas reutilizando-os de maneira eficiente. (OLIVEIRA, 2020).

Figura 4 – Resíduos provenientes da construção civil.



Fonte: Revista Fator Brasil (2011).

Além dos resíduos da construção civil, os próprios tijolos ecológicos podem ser reutilizados caso sejam quebrados durante o armazenamento ou transporte, tornando-o um material autossustentável. (GONÇALVES; CARDOSO, 2016). De acordo com Sampaio (2015, p. 38), “basta que ele seja triturado para que possa virar um composto novamente, gerando menos entulho de construção civil e agredindo menos a natureza”.

Logo, é importante ressaltar que em construções que utilizam os tijolos ecológicos, há um maior controle de perdas, visto que, por ser modular, o tijolo de solo-cimento possibilita a minimização dos desperdícios, reduzindo o acúmulo de resíduos, tornando o canteiro de obras mais organizado e limpo, como pode ser visualizado na Figura 5. (FRANÇA; SIMÕES, 2018).

Figura 5 – Canteiro de obras de uma construção com tijolos de solo-cimento.



Fonte: Tijolo Solo Cimento (2013).

Outra vantagem que o uso do tijolo ecológico traz ao meio ambiente é a possibilidade de incorporação de outros materiais na sua fabricação. Além dos resíduos gerados pela construção civil, Sousa (2018) destaca algumas opções de materiais que podem ser adicionados à composição do solo-cimento: resíduos de demolição, de marmoraria, pó de brita, rejeitos industriais, cinzas de bagaço de cana, casca de arroz, dentre inúmeros outros materiais que seriam descartados no meio ambiente e que agora podem ser reincorporados em novas construções.

Nesse mesmo sentido, Silva et al. (2022) afirma que existem vários estudos na literatura que tratam da incorporação de novos materiais na produção de tijolos de solo-cimento, tanto em substituição a algum dos materiais componentes do solo-cimento, como de maneira adicional, a fim de reduzir a utilização do cimento, bem como utilizar materiais que seriam descartados como entulho no meio ambiente.

No Quadro 3 são apresentados alguns trabalhos em que foram realizadas essas adições ou substituições ao solo-cimento, bem como os resíduos utilizados em

cada pesquisa, seguidos das propriedades analisadas com a utilização desse material e da análise dos resultados.

Quadro 3 – Pesquisas com adição de materiais alternativos ao solo-cimento.

Referência autor/título	Resíduo utilizado	Propriedades analisadas	Resultados
SILVA; AGUIAR (2017), A utilização da casca da banana como substituição de parte do cimento na produção de tijolos ecológicos: a busca por alternativas sustentáveis.	Casca de banana	Resistência à compressão e absorção de água.	Negativos para ambas as propriedades analisadas.
LEONEL et al. (2017), Characterization of soil-cement bricks with incorporation of used foundry sand.	Areia descartada de fundição	Resistência à compressão e absorção de água.	Positivos para ambas as propriedades analisadas.
CRISTINA et al. (2018), Tijolo solo cimento com adição de fibra vegetal: Uma alternativa na construção civil.	Fibra vegetal	Resistência à compressão e absorção de água.	Negativos para resistência à compressão e positivos para absorção de água.
CASTRO et al. (2019), Analysis of the coffee peel application over the soil-cement bricks properties.	Casca de café	Resistência à compressão, absorção de água e isolamento térmico.	Negativos para todas as propriedades analisadas.
AZEVEDO et al. (2019), Assessing the potential of sludge generated by the pulp and paper industry in assembling locking blocks.	Lodo da indústria de papel e celulose	Resistência à compressão, absorção de água e durabilidade.	Positivos para todas as propriedades analisadas.
VILELA et al. (2020), Technological properties of soil-cement bricks produced with iron ore mining waste.	Resíduos de mineração de ferro	Resistência à compressão, perda de massa por imersão, densidade seca, condutividade térmica e microestrutura.	Positivos para todas as propriedades analisadas.
LIMA; LIMA (2020), Blocos de terra compactada de solo-cimento com resíduo de argamassa de assentamento e revestimento: caracterização para uso em edificações.	Resíduo de argamassa	Resistência à compressão, absorção de água e durabilidade.	Positivos para todas as propriedades analisadas.
TOSELLO et al. (2021), Influência de materiais recicláveis e	Materiais PET e EPS, resíduos de reboco e	Resistência à compressão e absorção de água.	Negativos para ambas as propriedades analisadas.

vinhaça da cana de açúcar na resistência mecânica de tijolos ecológicos.	vinhaça da cana de açúcar		
SILVA et al. (2021), Estudo da viabilidade de utilização de garrafa PET triturada na produção de tijolos ecológicos.	Garrafa PET triturada	Resistência à compressão e absorção de água.	Negativos para resistência à compressão e positivos para absorção de água.
RIBEIRO et al. (2021), Tijolo solo cimento com acréscimo de resíduos de borracha de pneu.	Borracha de pneu	Resistência à compressão e absorção de água.	Negativos para ambas as propriedades analisadas.

Fonte: Autoria própria (adaptado de SILVA et al., 2022).

Além dos impactos ambientais positivos já citados, o tijolo de solo-cimento apresenta uma grande vantagem por não precisar de queima no processo de cura, necessitando apenas de secagem natural acompanhada de regas regulares durante os primeiros dias, até que alcance as propriedades desejadas para o seu uso. (TORGAL; JALALI, 2009). O processo de rega dos tijolos pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Rega dos tijolos de solo-cimento durante o processo de cura.



Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com Kozloski et al. (2019), por não precisar passar por processo de queima na fabricação e cura dos tijolos de solo-cimento, construções com esses tijolos apresentam uma redução significativa na emissão de CO₂ em comparação com obras que fazem o uso de tijolos convencionais.

Embora o uso do tijolo ecológico de solo-cimento apresente muitos benefícios para o meio ambiente, de acordo com Sampaio (2015), alguns profissionais não consideram que ele seja sustentável. A principal causa dessa negativa por parte desses profissionais é o fato de ainda haver o uso do cimento na composição dos tijolos, bem como o consumo do solo, considerado por alguns estudiosos como um recurso natural de uso limitado.

Felix e Possan afirmam que, nos últimos anos, o Brasil chegou a utilizar cerca de 70 milhões de toneladas de cimento, tornando-o um dos maiores consumidores de cimento da América Latina. (2018, apud SILVA et al., 2022).

O consumo de concreto e, por consequência, de cimento, tende a aumentar anualmente, acompanhando o crescimento de países em desenvolvimento (MEHTA; MONTEIRO, 2014), e mesmo que algumas substituições do clínquer tenham contribuído para que houvesse uma redução na emissão de CO₂ durante a produção de cimento, de acordo com Silva et al. (2022), a emissão global de CO₂ na produção de cimento só tem crescido.

Ainda segundo Silva et al. (2022, p. 9), “para aumentar o problema, estudos acrescentam que não existem adições de minerais suficientes de forma que possa aumentar os índices de substituição de clínquer.”

Além da problemática do uso do cimento, para a produção de tijolos de solo-cimento, há uma grande retirada de solo do meio ambiente. Fraga et al. (2016) afirma que, apesar do solo ser encontrado em grande quantidade no meio ambiente, se sua extração ocorrer de maneira descontrolada, pode haver um desencadeamento de processos erosivos.

2.3. Tijolo de solo-cimento x Bloco cerâmico: um breve comparativo do ponto de vista ecológico, técnico e econômico

2.3.1. Ecológico

De acordo com França e Simões (2018), por ser feita por meio de prensa e contar com a cura por secagem natural, a fabricação do tijolo de solo cimento causa menos prejuízos ao meio ambiente, principalmente por não passar pelo processo de queima, o que reduz a emissão de CO₂ no meio ambiente, bem como a extração de madeira para lenha. A maneira em que os tijolos são dispostos e armazenados durante o processo de cura pode ser vista nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Tijolos de solo-cimento armazenados durante o processo de cura.



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 8 – Tijolos de solo-cimento armazenados à sombra durante o processo de cura.



Fonte: Biobloc Tijolos Ecológicos (2023).

Em contrapartida, a queima é etapa fundamental na fabricação do bloco cerâmico, como representado na Figura 9, tornando o seu uso mais agressivo ao meio ambiente, tanto devido à grande emissão de gases tóxicos no meio ambiente, como devido à grande utilização de lenha durante a fabricação. (FRANÇA; SIMÕES, 2018).

Figura 9 – Queima de blocos cerâmicos realizada durante o processo de cura.



Fonte: Imtab (2021).

Segundo Isaia (2010), a principal vantagem do tijolo de solo-cimento em relação aos tijolos convencionais se dá pelos benefícios ambientais, tanto pelo fato de que o solo é um material abundante na natureza, como pela redução da necessidade do transporte de materiais, visto que há a possibilidade de utilizar o solo de locais próximos à obra ou até mesmo do próprio canteiro de obras, tornando-o um dos materiais de construção que menos consome energia, tanto na fabricação, quanto na execução da obra.

Em relação ao processo construtivo, Lima et al. (2015) afirma que o tijolo ecológico contribui para a redução do desperdício e das perdas causadas durante as instalações hidráulicas e elétricas, pois seu formato modular possibilita a passagem tanto das tubulações hidráulicas, como dos eletrodutos.

Por outro lado, no processo construtivo do bloco cerâmico, é gerada uma grande quantidade de resíduos advinda dos cortes feitos na alvenaria para a passagem das tubulações hidráulicas e dos eletrodutos, causando desperdício, perda de material e, por consequência, necessitando de uma quantidade maior de material a fim de suprir essas perdas. (LIMA et al., 2015).

Outra vantagem que o tijolo de solo cimento tem sobre o bloco cerâmico é a possibilidade de utilização de materiais alternativos na mistura de solo-cimento, materiais esses que seriam descartados no meio ambiente. (SILVA et al., 2022). Além disso, Sampaio (2015) afirma que o tijolo de solo cimento é autossustentável, visto que tijolos ecológicos quebrados ou danificados podem ser triturados e utilizados como matéria-prima para a fabricação de novos tijolos.

2.3.2. Técnico

Predominante no Brasil, a alvenaria convencional de blocos cerâmicos é responsável pelo grande desperdício de materiais que, por consequência, gera uma grande quantidade de resíduos sólidos que, na maioria das vezes, são depositados no meio ambiente de maneira incorreta. Porém, o país já começa a procurar novos materiais e tecnologias que não só reduzam esses danos causados pela alvenaria convencional, mas que também aumentem a produtividade da construção civil. (SOUZA, 2012).

De acordo com Cordeiro e Machado (2017), quando se fala em tijolo de solo-cimento, é possível constatar várias vantagens construtivas em comparação com o bloco cerâmico convencional.

Dentre as vantagens apresentados pelo tijolo de solo-cimento em comparação ao uso do bloco cerâmico, Motta et al. (2014) cita a redução do tempo de construção em até 30%, a redução do uso de madeiras para formas, a economia de concreto e argamassa em até 70% e redução de até 50% do uso de aço.

De acordo com Santos et al. (2009), essa redução do tempo de construção se dá, principalmente devido à forma modular dos tijolos ecológicos de solo-cimento, que permite que eles sejam encaixados uns aos outros, facilitando a estruturação da obra e reduzindo o uso de argamassa de assentamento, material que, na maioria das vezes, é substituído por cola PVA (Acetato de Polivinila).

Além da facilidade de execução pelo encaixe dos tijolos durante o processo construtivo, os tijolos de solo-cimento também são fabricados em formato de meio bloco, o que reduz os cortes, geralmente comuns em alvenarias de blocos convencionais, tornando a obra mais limpa e reduzindo os desperdícios. (SANTOS et al. 2009).

Outra vantagem proporcionada pelos tijolos ecológicos são as câmaras termoacústicas formadas pelos furos dos tijolos, como apresentado na Figura 10, controlando tanto a temperatura no interior dos ambientes da edificação, como os ruídos advindos da poluição sonora externa. (ECO PRODUÇÃO, 2018).

Figura 10 – Câmaras termoacústicas formadas quando os tijolos são sobrepostos.



Fonte: Construção e Reforma (2018).

Além disso, Sampaio (2015) afirma que os pilares executados com o método construtivo dos tijolos de solo-cimento podem ser adaptáveis, de forma que, somente com os tijolos preenchidos com o graute mais a armadura é possível construir pilares de qualquer dimensão, como exemplificado na Figura 11.

Figura 11 – Modelos de pilares executados com tijolos ecológicos.



Fonte: Terra Max Tijolos Ecológicos (2023).

Portanto, a parte estrutural da construção com tijolos ecológicos é feita com graute, de forma que as armaduras são posicionadas nos furos dos tijolos para receber a concretagem criando os pilares de sustentação, como exemplificado na Figura 12. Para as vigas, vergas e contra vergas, são utilizados os tijolos do tipo canaleta, onde é feita a concretagem horizontal, processo representado na Figura 13. (EUPHROZINO et al., 2022).

Figura 12 – Concretagem de pilares utilizando a técnica construtiva dos tijolos de solo-cimento.



Fonte: Tudo Construção (2023).

Figura 13 – Concretagem das vigas utilizando os tijolos ecológicos do tipo canaleta.



Fonte: Tijolo Solo Cimento (2013).

Diferentemente do bloco cerâmico convencional, que necessita da quebra da alvenaria depois de pronta para que sejam feitas as instalações elétricas e hidráulicas, os tijolos modulares de solo-cimento, facilitam a passagem das tubulações hidráulicas e dos eletrodutos pelos seus furos, como exemplificado nas Figuras 13 e 14, gerando economia de tempo e material, o que conseqüentemente reduz os desperdícios e as perdas, bem como o custo da obra. (FRANÇA; SIMÕES, 2018).

Figura 14 – Passagem das tubulações hidráulicas pelos furos dos tijolos ecológicos.



Fonte: Monteiro Tijolos (2023).

Figura 15 – Instalações elétricas em uma construção de tijolos de solo-cimento.



Fonte: Google Imagens (2023).

Oliveira (2020) afirma que, não diferente de outros materiais utilizados na construção civil, o tijolo de solo-cimento deve assegurar que a obra atenda a critérios de praticidade e segurança. Portanto, a utilização desse material requer atenção aos requisitos estabelecidos em normas, tais como a ABNT NBR 8491 (2012): Tijolo de solo-cimento – Requisitos e a ABNT NBR 8492 (2012): Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio.

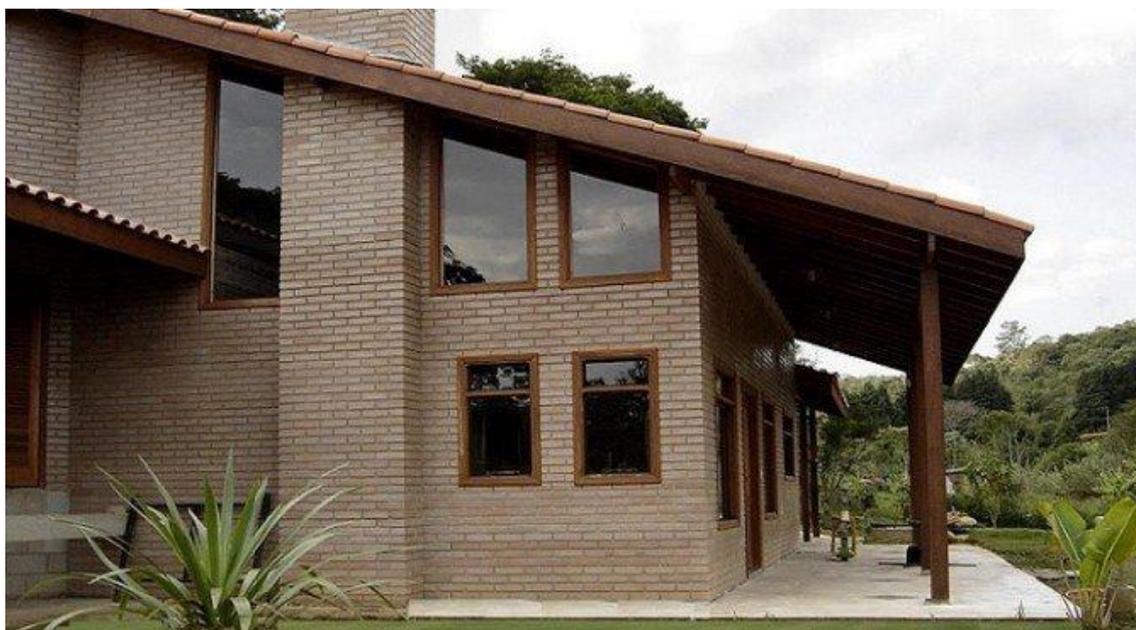
De acordo com Motta et al. (2014), com a realização desses ensaios, percebe-se que o tijolo de solo-cimento é mais resistente do que a alvenaria convencional de blocos cerâmicos. Motta et al. (2014) ainda afirma que para alcançar os limites de resistência a compressão e de absorção de água definidos por norma, bem como aumentar a durabilidade do tijolo ecológico, deve-se utilizar um percentual maior de cimento na mistura.

Além disso, a armação utilizada em construções de tijolos ecológicos é inferior à necessária em uma alvenaria de blocos cerâmicos convencionais. Segundo Jardim et al. (2019, p. 85),

Utilizam-se apenas hastes – normalmente de \varnothing 8 ou 10 mm – como pilares e a cada 1,30 m são colocadas amarrações de \varnothing 5 mm. As vigas são dimensionadas para que sejam utilizadas duas hastes da mesma bitola utilizada nos pilares, da mesma forma é feito nas vergas e contravergas. Ao invés de concreto, utiliza-se o graute com traço de 1:3:1.

Quando se trata de acabamento, o tijolo de solo-cimento se sobressai bastante em relação ao bloco cerâmico, visto que, na maioria das vezes, os tijolos ecológicos ficam à mostra na obra depois de pronta, como apresentado nas Figuras 16, 17 e 18, sendo utilizados somente impermeabilizantes e vernizes para complementar o acabamento, dispensando o uso de argamassa de revestimento, bem como de revestimento cerâmico. (SANTOS et al., 2009).

Figura 16 – Construção com tijolos de solo-cimento.



Fonte: Dicas de Arquitetura (2014).

Figura 17 – Construção com tijolos ecológicos de solo-cimento.



Fonte: Casas Rio (2016).

Figura 18 – Construção com tijolos ecológicos.



Fonte: O Tijolo (2023).

Mesmo sendo utilizados, na maioria das vezes, de forma que fiquem à mostra, Cordeiro e Machado (2017) afirmam que os tijolos ecológicos podem receber diversos tipos de acabamento, desde revestimento convencionais, a tintas naturais e industrializadas e, no caso da aplicação de revestimento cerâmico, o assentamento é realizado diretamente sobre os tijolos. (FRAGA et al., 2016).

Por outro lado, como qualquer material de construção, o tijolo de solo-cimento também possui suas desvantagens, de acordo com Weber et al. (2017), o comprimento de paredes construídas com tijolos ecológicos não pode ultrapassar 5 metros, visto que o risco de ocorrer retração dos tijolos é grande, vindo a ocasionar patologias na edificação.

Além disso, Santana Filho et al. (2018) afirma que o tijolo de solo-cimento só pode ser utilizado de forma estrutural em construções de, no máximo, três pavimentos, o que, segundo Weber et al. (2017, p. 33), limita os projetos com esse tipo de material, “podendo ser utilizado em projetos de pequeno e médio porte enquanto que o cerâmico não possui limitações, desde que utilizado como alvenaria convencional de revestimento sem função estrutural.”

2.3.3. Econômico

Por ser um material relativamente novo no mercado, não ser produzido em larga escala como o bloco cerâmico e pela falta de conhecimento dos consumidores em relação ao tijolo de solo-cimento, o seu custo é consideravelmente elevado. (LIMA et al., 2015).

De acordo com pesquisa realizada na plataforma virtual de vendas da Leroy Merlin (2023), o preço do milheiro do tijolo ecológico está em torno de R\$ 2.900,00. Enquanto isso, o milheiro do bloco cerâmico de oito furos custa R\$ 1.100,00. (LEROY MERLIN, 2023).

Apesar disso, Silva et al. (2022) garante que a relação custo-benefício do tijolo de solo-cimento se sobressai em relação à do bloco cerâmico quando se avalia a obra como um todo, desde a alvenaria até o acabamento. Negreiros et al. (2018) afirma que, com a utilização dos tijolos ecológicos na construção de uma Habitação de Interesse Social (HIS) de 40,16 m², foi alcançada uma economia de 41% no valor final

da obra quando comparado ao uso do bloco cerâmico, levando em consideração materiais e mão de obra para alvenaria e acabamento.

Segundo Weber et al. (2017, p. 4), “comprar o tijolo ecológico sem uma análise prévia na elaboração do projeto considerando todas as etapas da obra e os demais materiais necessários, não se mostra uma boa opção de economia”.

De acordo com Oliveira (2021), a mesma edificação que, construída com tijolos de solo-cimento, tem um custo total de R\$ 70.567,31 (Setenta mil, quinhentos e sessenta e sete reais e trinta e um centavos), se fosse construída com blocos cerâmicos convencionais, custaria R\$ 77.651,33 (Setenta e sete mil, seiscentos e cinquenta e um reais e trinta e três centavos). Essa pesquisa levou em consideração tanto a fase de alvenaria como a fase de acabamento e apresentou uma economia de R\$ 7.084,42 (Sete mil, oitenta e quatro reais e dois centavos) nas obras executadas com tijolos ecológicos.

Um dos principais pontos responsáveis por gerar economia no uso do tijolo de solo-cimento é sua forma modular, que evita as quebras e os cortes feitos para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas, comuns em obras que utilizam o bloco cerâmico convencional. (LIMA et al., 2015). Outra vantagem do tijolo ecológico em relação ao bloco cerâmico é que, por sua estética natural ser atraente aos olhos de arquitetos e engenheiros, o tijolo de solo-cimento dispensa o uso de acabamentos convencionais, como o reboco e a pintura, tornando-o mais viável do ponto de vista econômico e ecológico. (SANTANA FILHO et al., 2018).

A criação de um projeto orçamentário completo da obra se torna bastante relevante na utilização do tijolo de solo-cimento, visto que, diferentemente do bloco cerâmico convencional, a economia proposta pelo tijolo ecológico só pode ser vista quando considerado o contexto geral da execução, desde a alvenaria até o acabamento, reduzindo, além do custo final da construção, o tempo de execução e a despesa com mão de obra. (WEBER et al., 2017).

Outro benefício que o tijolo ecológico tem sobre o bloco cerâmico é citado por Sampaio (2015), quando ressalta a importância do isolamento térmico e acústico que o tijolo de solo-cimento tem para a economia, considerando que, em alguns casos, o seu uso torna desnecessário o uso de ar condicionado, visto que são formadas câmaras térmicas de ar dentro dos tijolos depois que a alvenaria está pronta, evitando

que o calor do ambiente externo interfira na temperatura ambiente interna da edificação.

Além das vantagens econômicas geradas pelo uso do tijolo ecológico em substituição ao bloco cerâmico convencional, também podem ser citados benefícios sociais. Oliveira (2020) afirma que, por possuir um processo construtivo mais simples e, conseqüentemente, mais rápido, devido sua execução através de encaixes, o tijolo modular de solo-cimento pode ser utilizado na construção de casas em larga escala.

Essa possibilidade de construção em larga escala, de acordo com Sampaio (2015), apresenta uma solução para a construção de moradias populares através de programas governamentais, favorecendo famílias de baixa renda, visto que o tempo gasto na execução de obras que utilizam tijolos ecológicos é inferior ao que seria necessário em uma obra realizada com blocos cerâmicos, se tornando uma alternativa viável tanto para o governo, como para as famílias beneficiadas por tais programas. (OLIVEIRA, 2020).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica de natureza descritiva. As pesquisas bibliográficas têm a função de apresentar o desenvolvimento de um assunto sob pontos de vista diferentes. Esse tipo de estudo constitui basicamente da análise da literatura publicada em artigos científicos, livros, revistas impressas ou eletrônicas na interpretação e análise crítica do autor, com o objetivo de permitir ao leitor uma atualização do seu conhecimento sobre um determinado tema (VOSGERAU; ROMANOWSKI, 2014).

Para essa pesquisa bibliográfica, foi realizada uma busca por artigos, livros, dissertações e teses nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Periódicos CAPES. As buscas ocorreram nos meses de abril e maio de 2023 e as palavras chave utilizadas foram tijolo de solo-cimento, tijolo ecológico e Agenda 2030.

A análise foi realizada com foco nos artigos, livros, dissertações e teses relacionados a aplicação do tijolo de solo-cimento na construção civil e os impactos causados por sua utilização.

Os critérios de seleção utilizados foram: artigos completos disponíveis eletronicamente nas referidas bases de dados, apresentados em português, abordando tijolo de solo-cimento na construção civil, que tenham sido publicados de 2017 a 2023. Já os critérios de exclusão utilizados foram: artigos apresentados em outras línguas além da língua portuguesa ou inglesa, artigos que, de acordo com a leitura dos títulos e resumos, divergiam da temática necessária ao presente trabalho e, por fim artigos que, de acordo com a leitura completa, não condiziam com a temática necessária à esta pesquisa.

Portanto, para esse estudo, foram encontrados vários trabalhos e pesquisas de diversos autores dos quais foram utilizadas informações de 1 NBR, 3 dissertações, 5 monografias, 6 livros, 18 sites e 20 artigos do ano de 2017 até os dias atuais.

Após a seleção dos trabalhos, foi feita a apresentação dos resultados, bem como uma discussão a respeito do uso do tijolo de solo-cimento na construção civil e sua viabilidade ecológica, técnica e econômica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dessa revisão de literatura, percebe-se que os estudos realizados a respeito do uso dos tijolos ecológicos de solo-cimento na construção civil em substituição ao modelo convencional de blocos cerâmicos apresentam resultados positivos tanto do ponto de vista ecológico, como técnico e econômico.

As construções executadas com tijolos de solo-cimento apresentam uma redução significativa do impacto ambiental causado pela construção civil, principalmente devido ao processo de fabricação dos tijolos, no qual é dispensada a queima, reduzindo a emissão de gases tóxicos ao meio ambiente e a extração de madeira, havendo também a possibilidade de incorporação de outros tipos de materiais à mistura de solo-cimento, materiais esses que seriam descartados na natureza e poderão ser reaproveitados em novas construções.

Além disso, por seu método executivo realizado por meio de encaixe e seu formato contendo furos, o tijolo ecológico reduz a necessidade de fazer cortes nos blocos para a realização das instalações elétricas e hidráulicas, e do uso de acabamentos convencionais como o chapisco, emboço e reboco, reduzindo significativamente a geração de resíduos sólidos que seriam descartados no meio ambiente.

Durante a pesquisa, constatou-se também que o uso dos tijolos ecológicos na construção civil pode contribuir para a sociedade de forma que, devido ao seu rápido processo de execução, podem ser construídas moradias em larga escala a fim de reduzir o déficit habitacional que hoje é uma realidade preocupante no Brasil. Inclusive já existem projetos em que são realizados mutirões onde os beneficiários que irão receber as casas passam por cursos profissionalizantes fornecidos pelo governo para que eles mesmos auxiliem na construção de suas próprias moradias. Isso só é possível devido à fácil execução da alvenaria de tijolos modulares de solo-cimento.

Em relação à viabilidade econômica do uso dos tijolos ecológicos na construção civil, primeiramente percebe-se que há uma certa resistência quanto ao uso desse material em substituição ao modelo convencional de blocos cerâmicos. Isso ocorre devido à falta conhecimento a respeito do solo-cimento, bem como ao alto custo do tijolo ecológico quando considerado só o seu preço individual, sem que seja realizado um orçamento geral da obra onde o material seria utilizado.

Porém, apesar do seu custo individual ser mais alto do que o custo do bloco cerâmico convencional, quando aplicado a uma construção e levando-se em conta a execução da obra como um todo, desde à alvenaria até a fase de acabamento, o tijolo de solo-cimento se mostra economicamente mais viável do que o bloco cerâmico.

Isso se dá pelo fato de que, na maioria das vezes, além de reduzir o custo com mão de obra, pois o tempo necessário para executar uma construção com tijolos de solo-cimento é significativamente inferior ao necessário para a execução de uma obra com blocos cerâmicos convencionais, as construções com tijolos de solo-cimento dispensam o uso de acabamentos que seriam utilizados comumente em alvenarias convencionais, sendo necessário, na maioria das vezes, apenas algum tipo de impermeabilizante e/ou verniz aplicados diretamente aos tijolos ecológicos, deixando que fiquem à mostra.

Portanto, através dos estudos realizados para a execução desse trabalho, constatou-se que além de todos os benefícios já citados anteriormente, o uso dos tijolos ecológicos de solo-cimento pode contribuir diretamente para alcançar algumas metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 – Cidades e comunidades sustentáveis, da Agenda 2030 das Nações Unidas, tanto pelo fato de que sua fabricação e seu processo construtivo contribuem para a redução dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, como por seu uso poder contribuir para a construção de moradias dignas que podem ser doadas à pessoas que necessitam desse benefício, contribuindo para a redução do déficit habitacional do país.

O Quadro 4 apresenta uma comparação entre o tijolo ecológico e o bloco cerâmico convencional em relação à alguns aspectos discutidos nesse trabalho, destacando qual dos dois materiais atende melhor a cada parâmetro.

Quadro 4 – Comparação: tijolo ecológico x bloco cerâmico.

ASPECTO	TIJOLO ECOLÓGICO	BLOCO CERÂMICO
Construção em larga escala	Facilita	Não facilita
Consumo de energia	Reduz	Aumenta
Custo-benefício	Melhor	Pior
Custo individual	Maior	Menor
Desperdício	Reduz	Aumenta
Emissão de gases tóxicos	Reduz	Aumenta
Extração de madeira	Reduz	Aumenta
Fase de acabamento	Facilita	Não facilita
Geração de resíduos	Reduz	Aumenta
Incorporação de materiais	Possibilita	Impossibilita

Instalações elétricas e hidráulicas	Facilita	Não facilita
Isolamento termoacústico	Contribui	Não contribui
Obras de grande porte	Impossibilita	Possibilita
Resistência à compressão	Maior	Menor
Tempo de execução	Reduz	Aumenta

Fonte: Autoria própria (2023).

Por fim, durante a realização desse estudo foram levantadas algumas empresas e fábricas localizadas na região onde é possível encontrar tijolos ecológicos de solo-cimento para a comercialização. O Quadro 5 apresenta o nome e a localidade de cada empreendimento, bem como o preço unitário do tijolo ecológico.

Quadro 5 – Fábricas de tijolos de solo-cimento localizadas na região Nordeste.

FÁBRICA	LOCAL	PREÇO UNITÁRIO
Casa Conde Tijolos Ecológicos	Conde – PB	R\$ 1,20
Casa do Construtor	Itabuna – BA	R\$ 2,00
ECOLAR Tijolos Ecológicos	Palmas – TO	R\$ 1,60
Eco-Prático Construções	São Sebastião de Lagoa de Roça – PB	R\$ 0,95
ECOSOL Tijolos Ecológicos	Natal – RN	R\$ 0,95
Eco Tijolos Ecológicos	Maceió – AL	R\$ 1,50
Faber Pré-Mobil LTDA	Pocinhos – PB	R\$ 1,35
Mont Tijolos Ecológicos	Feira de Santana – BA	R\$ 1,25
Santa Rosa Engenharia	Camaragibe – PE	R\$ 1,20* / R\$ 1,40**
Tijolo Eco Campina Grande	Campina Grande – PB	R\$ 3,50
* Tijolos utilizados para vedação (2 MPa).		
** Tijolos estruturais (4 MPa).		

Fonte: Autoria própria (2023).

5. CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado, conclui-se que o uso do tijolo ecológico de solo-cimento é uma alternativa viável para a substituição do uso dos blocos cerâmicos convencionais, contribuindo com a redução dos impactos ambientais causados pela construção civil, tornando as obras de engenharia cada vez mais sustentáveis.

O uso do tijolo de solo-cimento na construção civil impacta diretamente na Agenda 2030 da ONU, visto que as construções com tijolos ecológicos contribuem para tanto para a redução da geração de resíduos sólidos, como para a redução da emissão de gases tóxicos no meio ambiente. Além disso, a facilidade e rapidez do seu método construtivo também pode beneficiar famílias através da possibilidade de construção de moradias populares em larga escala, gerando empregos e reduzindo o déficit habitacional do país.

O presente trabalho também identificou que, mesmo com alguns aspectos negativos considerados por alguns profissionais da construção civil, tais como a utilização do cimento na sua composição, e a extração do solo de maneira descontrolada, o uso do tijolo ecológico contribui significativamente para o meio ambiente. Essa contribuição se dá, pois, além de o seu processo construtivo reduzir a geração de resíduos sólidos que seriam descartados na natureza, na mistura de solo-cimento podem ser incorporados vários outros resíduos que também seriam descartados de forma incorreta no meio ambiente. Outro benefício expressivo do uso do tijolo ecológico é que no seu processo de fabricação não é utilizada a queima, o que reduz consideravelmente a emissão de CO₂.

Em relação ao uso do tijolo de solo-cimento em substituição ao bloco cerâmico convencional, o presente estudo apontou várias vantagens ecológicas, técnicas e econômicas. Do ponto de vista ecológico, o uso dos tijolos modulares de solo-cimento reduz expressivamente os prejuízos geralmente causados ao meio ambiente pelo uso dos blocos cerâmicos, tanto por não utilizar a queima na fabricação, quanto pela redução da geração de resíduos. Do ponto de vista técnico, os tijolos ecológicos se mostraram mais práticos, tornando a execução da obra mais rápida e eficiente. E do ponto de vista econômico, o presente estudo apresentou uma redução considerável nos custos de uma construção executada com tijolos de solo-cimento em substituição

ao bloco cerâmico convencional, podendo alcançar uma economia de até 40% do valor total da obra.

Por fim, é esperado que o uso desse material de construção relativamente novo no mercado cresça significativamente, tornando possível que a construção civil cresça em conjunto com o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agenda 2030. STF - Supremo Tribunal Federal. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/hotsites/agenda-2030/>. Acesso em: 5 jun. 2023.

As melhores soluções incorporadas no design. TERRA MAX Tijolos Ecológicos, Belo Horizonte. Disponível em: <https://www.terramaxtijolos.com.br/metodo-construtivo.html>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: tijolo de solo-cimento - Requisitos. 2012.

BAUER, L. A. F. Materiais de Construção: Novos Materiais para Construção Civil. 5. ed. v. 2. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1995.

Bloco Cerâmico Vedação 9x19x19cm Cerâmica Nova Conquista. Leroy Merlin, São Paulo, 15 jun. 2023. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/bloco-ceramico-vedacao-9x19x19cm-ceramica-nova-conquista_89247186. Acesso em: 15 jun. 2023.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso futuro comum. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf. Acesso em 31 mai. 2023.

Construção civil precisa rever a geração de resíduos. Revista Fator Brasil, 01 set. 2011. Disponível em: <https://www.revistafatorbrasil.com.br/imprimir.php?not=171119>. Acesso em: 18 jun. 2023.

Construindo e Ampliando com Tijolo Ecológico Tijolo Solocimento. Tijolo Solo Cimento, 29 jun. 2013. Disponível em: https://www.tijolosolocimento.com.br/2013_06_01_archive.html?m=1. Acesso em: 18 jun. 2023.

Construindo e Ampliando com Tijolo Ecológico Tijolo Solocimento. Tijolo Solo Cimento, 08 jul. 2013. Disponível em: <https://www.tijolosolocimento.com.br/2013/07/escoras.html>. Acesso em: 18 jun. 2023.

CORDEIRO, C. R.; MACHADO, V. C. Sustentabilidade na fabricação do tijolo solo-cimento: estudo comparativo com blocos convencionais. 2017. 73 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Aparecida de Goiânia, 2017.

CUNHA, K. Tijolo solo-cimento. Karla Cunha, 19 abr. 2012. Disponível em: <https://www.karlacunha.com.br/tijolo-solo-cimento/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

EUPHROSINO, C. A.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; PIMENTEL, L. L.; CAMARINI, G.; FONTANINI, P. S. P. Tijolos de solo-cimento usados para Habitação de Interesse Social (HIS) em mutirão: estudo de caso em olaria comunitária. Revista Matéria, v. 27, n. 1, 2022.

FARIAS, V. B. Avaliação dos indicadores do objetivo de desenvolvimento sustentável 11 – cidades e comunidades sustentáveis da Agenda 2030 na região metropolitana do Recife – Pernambuco. 2022. 160f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE, Recife, 2022.

FERNANDA, D. G. Tijolo Ecológico. Dicas de Arquitetura, 24 jul. 2014. Disponível em: <https://dicasdearquitetura.com.br/tijolo-ecologico/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

FIAIS, B. B.; SOUZA, D. S. Construção sustentável com tijolo ecológico. Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, v. 2, n. 1, p. 94-108, 2017.

FRAGA, Y. S. B.; BARBOSA, A. Q.; DORTAS, I. S.; SANTOS, L. H. P.; MOTA, W. V. Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo de solo-cimento na construção civil. Cadernos de Graduação, Aracaju, v. 3, n. 3, p. 11-24, 2015.

FRANÇA, D. A.; SIMÕES, M. T. Tijolo solo-cimento: Processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais. 2018. 60 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – UniEvangélica, Anápolis, 2018.

GONÇALVES, C. P.; CARDOSO, A. F. A utilização da cerâmica nas técnicas construtivas em busca da inovação e sustentabilidade. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 60. 2016. Águas de Lindóia, São Paulo, 2016. p. 577-587.

GRANDE, F. M. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GUERREIRO FILHO, E. J. A política urbana disciplinada na Constituição Brasileira à luz do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 11 (cidades e comunidades sustentáveis) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas. 2022. 211 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

ISAIA, G. C. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. 2. ed. v. 2. São Paulo: IBRACON, 2010.

JARDIM, P. I. L. G.; JARDIM, L. C. J. G.; COSTA, F. M.; LOPES, R. K. Aspectos dos blocos ecológicos de solo-cimento. Diálogos: Economia e Sociedade, Porto Velho, v. especial, n. 1, p. 79-88, 2019.

KOZLOSKI, C. L.; VAGHETTI, M. A. O.; SILVA, B. N. Emissões de CO2 na casa popular eficiente e o emprego de materiais alternativos. In: Encontro Latinoamericano e Europeu de Edificações e Comunidades Sustentáveis, 3., 2019, Santa Fé.

LEITÃO, M. A. C.; BERTHOLDO, M. S. G. Análise do uso de tijolo de solo cimento como método sustentável para utilização em Caratinga – MG. 2018. Monografia

(Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Ensinar Brasil, Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga, 2018.

LIMA, J. C.; SANCHES, R. C.; MARTINS, V. C.; TONETTO, A. L.; ALVES, R. G.; SILVA, F. H. A viabilidade da utilização de tijolos de solo cimento na construção civil. In: Encontro de Iniciação Científica, 12., 2016, Presidente Prudente. Anais do Encontro Toledo de Iniciação Científica Prof. Dr. Sebastião Jorge Chammé - Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. Presidente Prudente: ETIC, 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 2. ed. IBRACON, 2014.

MENDES, C.; VERÍSSIMO, C.; BITTAR W. Arquitetura no Brasil: de Cabral a Dom Joao VI. 1 ed. Imperial Novo Milênio, 2007.

MOTTA, J. C. S. S.; MORAIS, P. W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J. L.; LUCAS, T. P. B. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. E-xacta, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014.

NEGREIROS, R. L.; NUNES, G. K. G.; BISPO, M. C.; MORAIS, S. A. Comparativo sustentável e econômico entre a utilização do tijolo solo-cimento e o tijolo cerâmico de vedação em habitação de interesse social na cidade de Teófilo Otoni – MG. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, Teófilo Otoni, p. 287-310, 2018.

ODS. Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 do Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis. Agenda 2030 – Direito Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 21 set. 2022. Disponível em: <https://agenda2030.direitorp.usp.br/2022/02/21/ods-11-cidades-e-comunidades-sustentaveis/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

OLIVEIRA, D. N. Análise da viabilidade do tijolo ecológico de solo-cimento na construção civil: uma revisão de literatura. 2020. 33 f. Monografia (Graduação Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2020.

OLIVEIRA, J. R. A. C. Avaliação de viabilidade econômica para execução de uma residência unifamiliar com bloco cerâmico e tijolo de solo-cimento: Estudo de caso. 2021. 55 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Maria Milza, Governador Mangabeira, 2021.

Origem do Tijolo Ecológico – Um pouco de História. BIOBLOC Tijolos Ecológicos. Disponível em: <http://biobloctijolosecológicos.blogspot.com/p/blog-page.html>. Acesso em: 18 jun. 2023.

PISANI, M. A. J. Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento. Sinergia, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-59, 2005.

Saiba tudo sobre o processo de secagem de tijolos na indústria cerâmica. IMTAB, 26 abr. 2021. Disponível em: <https://blog.imtab.com.br/processo-de-secagem-de-tijolos-na-industria-ceramica/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SAMPAIO, G. S. Estudo interdisciplinar da viabilidade de aplicação do tijolo de solo-cimento na construção civil: economia aliada à sustentabilidade. Janus, Lorena, n. 21, p. 33-46, 2015.

SANTANA FILHO, C. C.; BASTOS, C. L.; SILVA, D. D. C.; MENDES, H.; OLIVEIRA, L. S.; OLIVEIRA, W. G. Tijolo solo-cimento: apontamentos contemporâneos em termos de Brasil. Revista Espacios, v. 39, n. 51, p. 2-8, 2018.

SANTANA, J. E. S.; CARVALHO, A. C. X.; FARIA, R. A. P. G. Tijolo ecológico versus tijolo comum: benefícios ambientais e economia de energia durante o processo de queima. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 4., 2013, Salvador. Salvador: IBEAS, 2013. p. 1-5.

SANTOS, A. F. R.; BAUMGART, L. N.; WOICIOKOSKI, M.; TABARELLI JUNIOR, O.; JATZAK, S.; NICOLETTI, V. Projeto: Utilização de resíduos da construção civil em tijolos ecológicos. Trabalho Interdisciplinar, Administração da Produção. Associação do Vale do Itajaí Mirim, Brusque, 2009.

SILVA, B. S.; GOMES, N. T.; BAHIENSE, A. V.; OLIVEIRA, R. P.; ALEXANDRE, J. Tijolo de solo-cimento: incorporação de resíduos e viabilidade na construção civil no Brasil. Research, Society and Development, v. 11, n. 2, p. 1-12, 2022.

SILVA, E. R. A. Agenda 2030: ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8855>. Acesso em 05 jun. 2023.

SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S.; SILVA, C. A. F.; LIMA, A, O. Desenvolvimento humano e Agenda 2030: desafios e soluções para cidades sustentáveis. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 9, n. 73, p. 124-139, 2021.

Sistema Hidráulico - Construção com tijolos ecológicos de solo-cimento. Monteiro Construções, Salto. Disponível em: <https://www.monteirotijolos.com/obras/itu-novo-centro-1/foto114g.jpg>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SOUSA, J. F. Fabricação e análise de tijolos de solo-cimento. 2018. 92 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2018.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. Especialize, Florianópolis, 2013.

Tijolo Ecológico. Casas Rio – Casas Pré-Fabricadas, 2016. Disponível em: <http://casaspre-rio.blogspot.com/p/tijolo-ecologico.html>. Acesso em: 18 jun. 2023.

Tijolo Ecológico de Solo Cimento – Sustentabilidade e Qualidade. O Tijolo. Disponível em: <https://otijolo.com/home/tijolo-ecologico-de-solo-cimento-sustentabilidade-e-qualidade/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

Tijolo ecológico modular: manual prático. ECO PRODUÇÃO. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/493932195/TIJOLO-ECOLOGICO-MODULAR-MANUAL-PRATICO-ECO-Producao>. Acesso em: 16 jun. 2023.

Tijolo Modular 12,5x6x25cm Bauth. Leroy Merlin, São Paulo, 15 jun. 2023. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/tijolo-modular-12,5x6x25cm-bauth_87901170. Acesso em: 15 jun. 2023.

Tijolos Ecológicos: Como usar, preços. Tudo Construção. Disponível em: <https://www.tudoconstrucao.com/tijolos-ecologicos-como-usar-precos/>. Acesso em: 18 jun. 2023.

TORGAL, F.; JALALI, S. Considerações sobre a sustentabilidade da construção em terra. In: Forum Internacional de Tecnologia da Construção, 1., 2009, Porto. Porto: GEQUALTEC, 2009. p. 1-7.

Transformando Nosso Mundo – A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>. Acesso em: 05 jun. 2023.

VOSGERAU, D. S. A. R.; ROMANOWSKI, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. Diálogo Educacional, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 165-189, 2014.

WEBER, E.; CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T. Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil. Ignis, Caçador, v. 6, n. 2, p. 18-34, 2017.

6 Vantagens de Utilizar Tijolos Ecológicos. Construção&Reforma, 06 ago. 2018. Disponível em: <https://construcaoereforma.com.br/artigo/6-vantagens-de-utilizar-tijolos-ecologicos>. Acesso em: 18 jun. 2023.

