

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALEXANDRE FREITAS SOUZA
BRUNO CÂNDIDO FERREIRA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DO TIJOLO MODULAR
DE SOLO-CIMENTO SEM FINALIDADE ESTRUTURAL PARA O MUNICÍPIO DE
JATAÍ, GOIÁS**

Jataí
2025



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia - Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho apresentado em evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome completo do autor: ALEXANDRE FREITAS SOUZA

Matrícula: 20181020260158

Nome completo do autor: BRUNO CÂNDIDO FERREIRA

Matrícula: 20191020260015

Título do trabalho: Análise da Viabilidade Técnico-Econômica do Tijolo Modular de Solo-Cimento sem Finalidade Estrutural para o Município de Jataí, Goiás

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

() O documento está sujeito a registro de patente.

() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.

() Outra justificativa: _____.

Declaração de distribuição não-exclusiva

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, 17/02/2025

Local Data

(Assinado Eletronicamente)

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Documento assinado eletronicamente por:

- Bruno Cândido Ferreira, 20191020260015 - Discente, em 25/02/2025 07:59:06.
- Alexandre Freitas Souza, 20181020260158 - Discente, em 24/02/2025 19:06:47.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 05/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 614218
Código de Autenticação: 478ff51a7e



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Av. Presidente Juscelino Kubitschek,, 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3514-9580 (ramal: 9580)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Souza, Alexandre Freitas, Ferreira, Bruno Cândido

Análise da viabilidade técnico-econômica do tijolo modular de solo-cimento sem finalidade estrutural para o município de Jataí, Goiás [manuscrito] / Alexandre Freitas Souza, Bruno Cândido Ferreira. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Engenharia Civil, 2025.
64 f.; il.

Orientador: Me. Jerônimo Otoni de Carvalho Neto
Bibliografias.

1. Tijolo de solo-cimento. 2. Tijolo ecológico. 3. Sustentabilidade. 4. Orçamento comparativo. 5. Viabilidade técnico-econômica. I. Carvalho Neto, Jerônimo Otoni de. II. IFG, Campus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária – Wilma Joaquim da Silva – CRB 1/1850 – Campus Jataí. Cód. F025-2025/1



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

ALEXANDRE FREITAS DE SOUZA

BRUNO CÂNDIDO FERREIRA

Análise da Viabilidade Técnico-Econômica do Tijolo Modular de Solo-Cimento sem Finalidade Estrutural para o Município de Jataí, Goiás

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 13 de fevereiro de 2025, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc Jerônimo Otoni de Carvalho Neto
Presidente da banca / Orientador(a)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Profa. Dra. Marina Augusta Malagoli de Almeida
Membro Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Engenheiro Civil Brayan Youssef Duranis
Membro Externo
Ohbra Engenharia e Construção LTDA

Documento assinado eletronicamente por:

- **BRAYAN YOUSSEF DURANIS**, **BRAYAN YOUSSEF DURANIS** - 214205 - Engenheiro civil - Ohbra Engenharia e Construção Ltda (41012685000173), em 07/03/2025 20:13:26.
- **Marina Augusta Malagoli de Almeida**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 18/02/2025 11:29:23.
- **Jeronimo Otoni de Carvalho Neto**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 18/02/2025 11:20:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 05/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 614217

Código de Autenticação: 5c3f7647f3



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Av. Presidente Juscelino Kubitschek,, 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3514-9580 (ramal: 9580)

Aos nossos pais, que sempre estiveram presentes nos melhores e piores momentos, nos dando todo suporte e força para superar desafios e celebrar conquistas.

Muito obrigado por sempre acreditarem em nós.

AGRADECIMENTO

A realização deste trabalho de conclusão de curso é fruto de um esforço conjunto que não teria sido possível sem o apoio e incentivo de muitas pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para essa conquista.

Agradecemos, em primeiro lugar, a Deus, por nos conceder força, saúde e sabedoria para superar os desafios ao longo desta jornada. Sem Sua graça e proteção, nada disso teria sido possível.

Aos nossos pais, Neide e Silmar; Kattiusce e Sergio, agradecemos por todo o amor, compreensão e suporte incondicional ao longo dessa jornada. Vocês foram nossa base, nosso porto seguro e nossa maior inspiração para superar desafios.

Aos nossos irmãos, Marcelo e Eduarda, por serem nossos parceiros de vida e por estarem sempre ao nosso lado, torcendo por nossas conquistas.

À Lisandra e Giovanna, por todo carinho, paciência e motivação nos momentos em que mais precisamos. O apoio de vocês foi essencial para mantermos nosso foco e determinação.

Aos nossos amigos e familiares, que sempre acreditaram em nosso potencial e estiveram presentes com palavras de incentivo, momentos de descontração e gestos de apoio, somos profundamente gratos por fazerem parte de nossa trajetória.

Ao nosso orientador, Jerônimo, agradecemos imensamente pela orientação, paciência e dedicação ao longo de todo o processo. Sua experiência e conselhos foram indispensáveis para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradecemos a todos que, de alguma maneira, contribuíram para esta caminhada. Cada apoio recebido foi uma peça fundamental para a concretização deste projeto.

RESUMO

O tijolo de solo-cimento, ou tijolo ecológico, surge como uma alternativa sustentável e econômica ao bloco cerâmico, destacando-se por seu processo de produção menos impactante ao meio ambiente e pelo menor consumo de recursos naturais. Este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica do tijolo de solo-cimento, por meio de revisão bibliográfica e ensaios laboratoriais conforme as normas ABNT NBR 8491 – 2013 e ABNT NBR 8492 – 2013, focando nas propriedades dimensionais, resistência à compressão e absorção de água do material. Além disso, foi realizado um orçamento detalhado para comparar os custos de construção utilizando tijolos de solo-cimento e blocos cerâmicos, considerando preços regionais, dados de fornecedores locais e custos de mão de obra. Os resultados indicaram que o tijolo de solo-cimento atendeu todos os requisitos da norma, com exceção do teste de resistência à compressão, que foi realizado devido às limitações de infraestrutura. Comparado ao bloco cerâmico, o tijolo de solo-cimento apresentou excelente custo-benefício, tanto no aspecto financeiro quanto no desempenho ambiental e energético. A pesquisa também destacou a qualidade superior dos tijolos de solo-cimento fornecidos na região de Jataí, reforçando sua viabilidade técnico-econômica e o material como sendo uma alternativa sustentável para a construção civil local. O estudo contribui para a maior aceitação do tijolo de solo-cimento na construção civil no município, mostrando seu potencial para reduzir impactos ambientais e custos em projetos de construção.

Palavras-chave: Tijolo de solo-cimento. Tijolo ecológico. Sustentabilidade. Orçamento comparativo. Viabilidade técnico-econômica.

ABSTRACT

The soil-cement brick, also known as the ecological brick, emerges as a sustainable and cost-effective alternative to ceramic blocks, standing out for its less environmentally impactful production process and lower consumption of natural resources. This study aimed to evaluate the technical and economic feasibility of soil-cement bricks through a literature review and laboratory tests conducted in accordance with ABNT NBR 8491 – 2013 and ABNT NBR 8492 – 2013 standards, focusing on the material's dimensional properties, compressive strength, and water absorption. Additionally, a detailed budget was prepared to compare the construction costs using soil-cement bricks and ceramic blocks, considering regional prices, local supplier data, and labor costs. The results indicated that the soil-cement brick met all the requirements of the standard, except for the compressive strength test, which was compromised due to infrastructure limitations. Compared to ceramic blocks, the soil-cement brick demonstrated excellent cost-benefit performance, both financially and in terms of environmental and energy efficiency. The research also highlighted the superior quality of soil-cement bricks supplied in the Jataí region, reinforcing their technical and economic feasibility and establishing the material as a sustainable alternative for local civil construction. The study contributes to the increased acceptance of soil-cement bricks in civil construction in the municipality, demonstrating their potential to reduce environmental impacts and costs in construction projects.

Keywords: Soil-cement brick. Ecological brick. Sustainability. Comparative budgeting. Technical and economic feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - a) Prensa manual CINVA-RAM b) Prensa manual ABCP.....	14
Figura 2.1 - Componentes da mistura solo-cimento.....	19
Figura 2.2 - Tipos de tijolo de solo-cimento	22
Figura 2.3 - Tijolos de Solo cimento em obra no município de Jataí-GO.....	22
Figura 2.4 - Casa de tijolo ecológico com janelas de vidro.....	24
Figura 2.5 - Impermeabilização da base para os tijolos de solo-cimento.....	25
Figura 2.6 - Execução e verificação de nível da primeira fiada	25
Figura 2.7 - Primeira fiada dos tijolos de solo-cimento finalizada.....	26
Figura 2.8 - Estrutura da construção usando o tijolo de solo-cimento	26
Figura 2.9 - Aplicação de resina impermeabilizante nos tijolos de solo-cimento.....	27
Figura 2.10 - Execução de rejunte nos tijolos de solo-cimento.....	27
Figura 2.11 - Casa feita com tijolo de solo-cimento em Gurupi, Tocantins.....	29
Figura 3.1 - Organograma da metodologia.....	31
Figura 3.2 - Amostras dos blocos de solo-cimento	32
Figura 3.3 - Tipos de dimensões nominais (em mm)	33
Figura 3.4 - Largura (L) do bloco.....	34
Figura 3.5 - Comprimento (C) do bloco	34
Figura 3.6 - Altura (H) do bloco.....	35
Figura 3.7 - Corte dos blocos com auxílio de serra	35
Figura 3.8 - Blocos de solo-cimento cortados	36
Figura 3.9 - Ilustração dos corpos de prova preparados a partir de tijolos maciço e vazado com duas metades invertidas sobrepostas	36
Figura 3.10 - Preparação dos corpos de prova.....	37
Figura 3.11 - Capeamento dos corpos de prova	38
Figura 3.12 - Regularização das faces dos corpos de prova.....	38
Figura 3.13 - Corpos de prova imersos em água	39
Figura 3.14 - Posicionamento do corpo de prova na prensa para ensaio de resistência à compressão simples	40
Figura 3.15 - Blocos de solo-cimento em secagem na estufa.....	41
Figura 3.16 - Blocos de solo-cimento imersos em água para o ensaio de absorção.....	42
Figura 3.17 - Planta baixa: Tijolo de solo-cimento aparente (medidas em cm).....	44
Figura 3.18 -Planta baixa: Tijolo de solo-cimento revestido em gesso (medidas em cm)	44

Figura 3.19 - Planta baixa: Bloco cerâmico revestido com chapisco e reboco (medidas em cm)	45
Figura 3.20 - Corte AA: Tijolo de solo-cimento aparente (medidas em cm).....	45
Figura 3.21 - Corte BB: Tijolo de solo-cimento aparente (medidas em cm)	46
Figura 4.1 - Local de armazenamento e fabricação dos tijolos de solo-cimento.....	48
Figura 4.2 - Transporte dos tijolos de solo-cimento.....	49
Figura 4.3 - Armazenamento em obra dos tijolos de solo-cimento.....	49
Figura 4.4 - Análise do estado da amostra (Tijolo 18)	50
Figura 4.5 - Análise do estado da amostra (Tijolo 17)	50
Figura 4.6 - Largura média dos tijolos de solo-cimento.....	52
Figura 4.7 - Comprimento médio dos tijolos de solo-cimento	52
Figura 4.8 - Altura média dos tijolos de solo-cimento	53
Figura 4.9 - Distância entre furos média dos tijolos de solo-cimento	53
Figura 4.10 - Espessura mínima média dos tijolos de solo-cimento	54
Figura 4.11 - Resultado da análise dimensional dos tijolos de solo-cimento.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Número de blocos utilizados em cada etapa	32
Tabela 3.2 - Tipos de dimensões nominais (em mm).....	33
Tabela 3.3 - Revestimento dos tijolos de solo-cimento e do bloco cerâmico	43
Tabela 3.4 - Lista de materiais para o bloco cerâmico	46
Tabela 3.5 - Lista de materiais para o tijolo de solo-cimento.....	47
Tabela 4.1 - Dimensões médias das faces do tijolo de solo-cimento	51
Tabela 4.2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento e blocos ecológicos.....	55
Tabela 4.3 - Resultados do ensaio de absorção de água do tijolo de solo-cimento.....	56
Tabela 4.4 - Composição de preços do tijolo de solo-cimento por metro quadrado	57
Tabela 4.5 - Composição atualizada de preços do tijolo de solo-cimento, por metro quadrado	58
Tabela 4.6 - Custos para a construção adotando o bloco cerâmico com reboco e pintura	58
Tabela 4.7 - Custos para a construção adotando o tijolo de solo-cimento aparente.....	59
Tabela 4.8 - Custos para a construção adotando o tijolo de solo-cimento revestido em gesso corrido.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEBRACE – Centro Brasileiro de Construções e Equipamentos Escolares

cm – Centímetros

Cmed – Comprimento médio

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

Dmed – Distância média entre furos

Emed – Espessura mínima média

g – Gramas

GOINFRA – Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes

Hmed – Altura média

IFG – Instituto Federal de Goiás

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO – International Organization for Standardization

Kg – Quilograma

Lmed – Largura média

MPa – Mega Pascal

m – Metros

m² – Metros quadrados

m³ – Metros cúbicos

m1 – Massa seca

m2 – Massa saturada

NBR – Norma Brasileira

Un – Unidade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
CAPÍTULO 2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 SUSTENTABILIDADE	17
2.2 PROCESSO PRODUTIVO	19
2.2.1 Mistura do solo-cimento.....	19
2.2.2 Moldagem.....	20
2.2.3 Cura	20
2.2.4 Armazenamento e Transporte.....	21
2.3 CARACTERÍSTICAS DO TIJOLO	21
2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS	23
2.5 PROCESSO CONSTRUTIVO	24
2.6 CRITÉRIOS DE QUALIDADE.....	28
2.7 CONSTRUÇÕES COM O TIJOLO DE SOLO-CIMENTO	29
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA	30
3.1 COLETA DE AMOSTRAS	31
3.2 ANÁLISE DIMENSIONAL	32
3.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES.....	35
3.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	41
3.5 ORÇAMENTO COMPARATIVO.....	43
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	48
4.1 COLETA DE AMOSTRAS	48
4.2 ANÁLISE DIMENSIONAL	51
4.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES.....	55
4.4 ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	56
4.5 ORÇAMENTO COMPARATIVO.....	56
CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

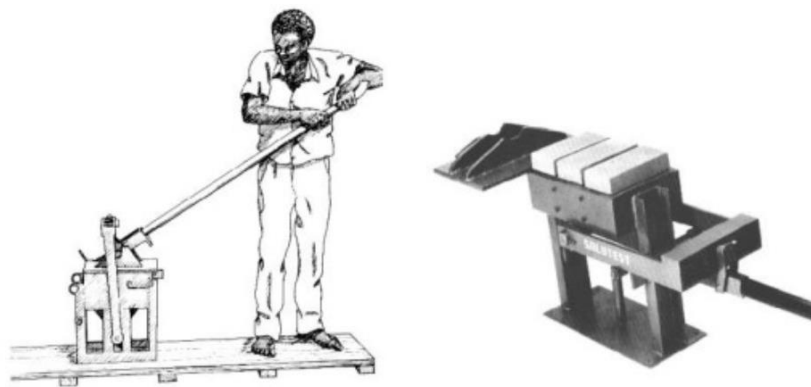
Ao longo da história da humanidade, o tijolo tem sido um dos principais materiais para o desenvolvimento de construções. Diversos materiais foram utilizados para sua fabricação. Na Roma Antiga, por exemplo, os tijolos eram feitos de argila e utilizados na construção de estruturas monumentais. Com o passar dos séculos, as tecnologias e os materiais evoluíram, acompanhando as pesquisas e experimentos realizados. Foi assim que surgiu, primeiramente, o bloco cerâmico, cujo processo de produção envolve etapas de preparação da massa, moldagem, secagem, queima e resfriamento, utilizando muitos recursos naturais não renováveis (PERES, 2023).

Diante do impacto ambiental gerado pela fabricação do bloco cerâmico, o crescimento dos movimentos de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental na construção civil, alinhados ao Código de Ética dos Engenheiros, elaborado pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), que estabelece o desenvolvimento sustentável como prioridade no exercício profissional, o tijolo de solo-cimento surge como uma alternativa viável e ecologicamente responsável. Seu processo de produção é significativamente menos agressivo ao meio ambiente em comparação aos blocos cerâmicos tradicionais. Produzido a partir da mistura de solo, água e cimento, o tijolo de solo-cimento possui um método de fabricação simplificado, o que contribui para a redução de custos e prazos nos processos produtivos (MOTTA et al., 2014). Devido às características e às etapas de sua produção, esse material também é conhecido como tijolo ecológico.

A mistura de solo-cimento já era utilizada para pavimentação de estradas em diferentes partes do mundo. Os primeiros registros do emprego desses materiais na construção de edificações datam de 1948, em Karnal (Haryana, Índia), onde as paredes de 4000 edificações foram construídas com a mistura de terra e solo-cimento. Já no ano de 1949, em Bangalore, Índia, tijolos produzidos manualmente foram utilizados na construção de 260 casas (REDDY, 1994). Após isso, o uso desse material entrou em declínio, mas ganhou impulso novamente após a criação da prensa CINVA-Ram pelo pesquisador colombiano G. Ramires em 1952 (BARBOSA, 2003). Uma ilustração dessa prensa pode ser vista na Figura 1.1-a. A partir disso, casas usando os novos tijolos produzidos por esse equipamento começaram a surgir em países como Colômbia, Chile, Bolívia e no Brasil (REDDY, 1994).

Com o advento dessa tecnologia para o Brasil, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) realizou estudos e trabalhos com a utilização do tijolo de solo-cimento para construções. A partir dessas pesquisas, foi desenvolvida uma prensa para fabricação de tijolos de solo-cimento que pode ser observada na Figura 1.1-b. Mesmo não tendo a mesma eficiência na compressão da terra, a limitação da prensa era compensada com a adição de mais cimento na mistura (BARBOSA, 2003). Diversas obras foram realizadas com esse material, destacando-se duas residências no estado do Rio de Janeiro e o hospital Adriano Jorge, em Manaus, Amazonas (GRANDE, 2003).

Figura 1.1 - a) Prensa manual CINVA-RAM b) Prensa manual ABCP



Fonte: BARBOSA (2003)

No mercado brasileiro atual, o tijolo de solo-cimento enfrenta dificuldades devido à baixa disponibilidade e à dificuldade de encontrar fornecedores que trabalhem com este material. Um dos principais obstáculos é o tempo necessário para a cura dos tijolos de solo-cimento, que totaliza 14 dias, visando um transporte com menos perdas. Dessa forma, a alta demanda diária da construção civil torna-se um problema, afastando possíveis investidores. Outros fatores incluem a falta de conhecimento técnico e a não aceitação por parte dos clientes, agravando a introdução do material no mercado. Essa recusa decorre da preferência de alguns profissionais pelos métodos tradicionais de construção e do preconceito de que os tijolos de solo-cimento não possuem a mesma resistência que os blocos cerâmicos (LÔBO et al., 2020).

Para que seja quebrado o paradigma, faz-se necessária a realização de estudos e pesquisas por parte do meio acadêmico, para divulgação do conhecimento técnico, tanto para a população quanto para o corpo de profissionais atuantes. Desta forma, este trabalho busca realizar um estudo sobre o tijolo de solo-cimento, através da literatura juntamente com a realização de ensaios, de acordo com as normas vigentes, para verificar a viabilidade técnico-econômica deste material.

1.1 JUSTIFICATIVA

A preocupação com o uso de recursos e aplicação da sustentabilidade vem sendo uma pauta recorrente nos debates em diversos setores da indústria. No ramo da construção civil, o ambiente não é diferente. Responsável por consumir boa parte dos recursos naturais, faz-se necessária a busca por soluções mais sustentáveis para minimizar os impactos gerados nos diversos tipos de obras e atividades realizadas nesse meio (MOTTA et al., 2014).

Com essa urgência por novos métodos, o uso do tijolo de solo-cimento vem ganhando espaço dentro da indústria da construção civil. A sua utilização é respaldada pelo enfoque da sustentabilidade, uma vez que, diferentemente do bloco cerâmico, sua fabricação não demanda a queima, resultando em uma significativa diminuição do consumo energético e na redução da emissão de gases poluentes na atmosfera (FIAIS; SOUZA, 2017).

Os resíduos provenientes de entulhos gerados pela indústria da construção civil, embora não representem uma preocupação significativa em termos de toxicidade, demandam atenção devido ao grande volume produzido. Nesse contexto, o tijolo de solo-cimento destaca-se como uma alternativa sustentável e viável. Esse método construtivo não apenas contribui para a redução da geração de resíduos na construção, mas também permite a reutilização destes entulhos tanto na produção local quanto na indústria, com destaque para a possibilidade de fabricar tijolos ecológicos com a incorporação desses materiais (MOTTA et al., 2014).

Este estudo vem como uma forma de apresentar o tijolo solo-cimento como uma nova tecnologia mais sustentável, visando divulgar para a população suas características vantajosas. Algumas dessas características, conforme ressaltado por Fiais e Souza (2017), incluem:

- Utilização do próprio tijolo como acabamento, proporcionando um resultado estético perfeito;
- Redução significativa da quantidade de cimento necessária para o reboco, devido à camada fina exigida;
- Presença de furos internos que criam câmaras de ar, resultando em isolamento acústico;
- Isolamento térmico, mantendo a temperatura interna mais estável em dias frios e proporcionando frescor em dias quentes;

- Facilidade na instalação de sistemas hidráulicos e elétricos através dos furos presentes nos tijolos.

Apesar de suas vantagens, o tijolo de solo-cimento também apresenta algumas limitações. De acordo com Oliveira (2020), destacam-se a necessidade de mão de obra qualificada para sua correta aplicação, a dificuldade na realização de reparos ou ampliações em edificações construídas com esse material, a escassez de fornecedores no mercado e o tempo prolongado de cura necessário para que o bloco atinja as resistências exigidas pela norma.

O tijolo de solo-cimento tem sido objeto de análise em diversos artigos, que destacam tanto suas vantagens quanto suas desvantagens em termos de características e aplicabilidade. Este trabalho dá continuidade a essa linha de investigação por meio de análises específicas em blocos fabricados e utilizados na região de Jataí, Goiás, com o objetivo de determinar suas propriedades e avaliar a viabilidade de sua aplicação no contexto regional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo a análise das propriedades dos blocos de solo-cimento, bem como a realização de uma comparação técnico-econômica com os blocos cerâmicos considerando a utilização desses blocos exclusivamente para alvenaria de vedação, além de avaliar os custos desses materiais no município de Jataí, Goiás.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar a análise dimensional dos tijolos de solo-cimento;
- Efetuar testes de resistência à compressão por meio de ensaios;
- Realizar a análise de absorção de água dos tijolos de solo-cimento;
- Verificar se os resultados obtidos estão de acordo com a norma;
- Realizar comparativo de custos entre os blocos cerâmicos e os tijolos de solo-cimento a partir da caracterização da mão de obra e materiais necessários;
- Verificar a viabilidade técnica do tijolo de solo-cimento para o município de Jataí.

CAPÍTULO 2 REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Peres (2023) e Jordan e Freitas (2018), o bloco cerâmico tem ampla aceitação no mercado brasileiro, sendo o bloco mais utilizado na construção civil, diferenciando-se pela sua versatilidade, facilidade de uso e longa tradição na construção civil. Neste contexto, a introdução de tijolos de solo-cimento representa um desafio particular. Para que este produto ganhe espaço no mercado, faz-se necessário superar a resistência dos consumidores a novos produtos e métodos de construção, o que exige um investimento significativo em publicidade e campanhas educativas para sensibilizar os potenciais utilizadores (MOTTA et al., 2014). Portanto, a transição para o uso de tijolos de solo-cimento exige, além de esforços publicitários, uma mudança cultural na indústria da construção.

2.1 SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade pode ser definida como um conceito sistêmico, que incorpora paradigmas de complexidade, instabilidade e intersubjetividade. Segundo Bellen (2005, p. 68), "a sustentabilidade é um conceito fundamentalmente normativo, implicando a manutenção, para cada geração, de um nível socialmente aceitável de desenvolvimento humano." Esse conceito tornou-se amplamente discutido no novo milênio, abrangendo diversas áreas do planejamento e setores da economia (BRAGA et al., 2010).

O conceito de desenvolvimento sustentável possui múltiplas definições, que convergem para o entendimento de que o modelo de desenvolvimento adotado nos últimos 250 anos trouxe avanços significativos em qualidade e expectativa de vida. Entretanto, esses progressos têm gerado profundas alterações no equilíbrio ambiental, comprometendo a sustentabilidade do planeta e colocando em risco a sobrevivência da humanidade. Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023), caso as políticas climáticas atuais sejam mantidas, a temperatura global pode aumentar entre 3,1°C e 3,6°C até o final do século. Para evitar esses impactos, torna-se essencial promover mudanças estruturais nos hábitos de consumo, nos processos produtivos e nas práticas empresariais (AGOPYAN; JOHN, 2011; IPCC, 2023).

Na construção civil, esses desafios são ainda mais evidentes devido ao elevado consumo de materiais, intensa geração de resíduos, emissões significativas de gases de efeito estufa e alto consumo de recursos naturais, como água e energia. Esse setor desempenha um papel central nos esforços para mitigar impactos ambientais, sendo indispensável a incorporação de práticas mais sustentáveis (AGOPYAN; JOHN, 2011). O Relatório do IPCC (2023) destaca que, sem

medidas de mitigação, as emissões urbanas podem aumentar de 29 para 40 bilhões de toneladas de CO₂ e metano até 2050. No entanto, com a adoção de soluções sustentáveis, esse valor poderia ser reduzido drasticamente para 3 bilhões de toneladas.

A transição para a sustentabilidade na construção civil requer inovações em todas as etapas produtivas. Inovação, de forma simplificada, é a aplicação prática de novos conhecimentos. No setor, a maioria das inovações é de caráter incremental, promovendo modernização tecnológica e aumento da eficiência produtiva. Contudo, embora as inovações incrementais tenham proporcionado avanços significativos, elas não serão suficientes para atender integralmente às demandas de sustentabilidade. Para alcançar uma construção civil verdadeiramente sustentável, é essencial viabilizar inovações radicais, capazes de romper paradigmas e transformar substancialmente os processos produtivos, o que representa um dos maiores desafios do setor (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Nesse contexto, a busca pelo desenvolvimento sustentável tem impulsionado a utilização de materiais inovadores, que reduzem o impacto ambiental e promovem eficiência energética e conforto térmico. Entre esses materiais, destaca-se o tijolo ecológico, ou reciclado, produzido por meio da técnica de solo-cimento, conforme as normas da ABNT (YEMAL; TEIXEIRA; NAAS, 2011).

O tijolo de solo-cimento apresenta benefícios para obras de pequeno e médio porte, podendo ser utilizado em aplicações estruturais e não estruturais. Sua resistência é garantida por ensaios destrutivos, realizados conforme proporções e dimensões definidas durante a fabricação. Outro diferencial é a ampla variedade de acabamentos disponíveis, permitindo ao cliente personalizar o produto de acordo com suas preferências, proporcionando maior conforto e satisfação (GODOI, 2012).

Além de contribuir para a preservação ambiental, ao evitar a emissão de gases de efeito estufa durante sua fabricação, o tijolo ecológico também fomenta a economia nacional, promovendo um modelo mais sustentável e eficiente para a construção civil (SANTOS; SUZART; SILVA-JUNIOR, 2013). De acordo com o IPCC (2023), as emissões da construção cresceram 50% desde 1990, mas poderiam ser reduzidas em até 61% até 2050 com a adoção de materiais sustentáveis e melhorias na eficiência energética, tornando fundamental a transição para soluções ambientalmente responsáveis no setor.

2.2 PROCESSO PRODUTIVO

A fabricação de tijolos de solo-cimento, utilizando prensa manual ou hidráulica, é regulamentada pela ABNT NBR 10833 – 2013. O processo é descrito em quatro etapas: mistura do solo-cimento, moldagem, cura, e armazenamento e transporte.

2.2.1 Mistura do solo-cimento

O processo de produção dos tijolos de solo-cimento inicia-se com a seleção e coleta do solo, que deve ser peneirado para garantir que esteja completamente seco e livre de impurezas, como matéria orgânica. Em seguida, realiza-se a mistura do solo com o cimento, como pode ser observado na Figura 2.1. Conforme a recomendação da ABCP (1997), as proporções em volume de cimento e solo devem variar entre 1:10, 1:12 e 1:14, sendo que a escolha do traço ideal deve priorizar o menor consumo de cimento possível, desde que atendidos os requisitos de resistência à compressão e absorção de água previstos pela ABNT NBR 8491 – 2013.

Figura 2.1 - Componentes da mistura solo-cimento



Fonte: BRICK – SAHARA (2001)

Comparado aos tijolos cerâmicos, o processo de fabricação dos tijolos ecológicos oferece vantagens ambientais significativas. A produção de tijolos cerâmicos envolve a calcinação de carbonatos presentes na argila, que, submetidos a altas temperaturas em fornos industriais, liberam dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (COSTA, 2012). Em contrapartida, a produção de tijolos de solo-cimento dispensa a queima, reduzindo consideravelmente as emissões de CO₂.

A homogeneização da mistura pode ser feita de forma automática, com o uso de misturadores mecânicos, ou manualmente, até que se atinja uma coloração uniforme, indicando a distribuição adequada dos materiais. Após essa etapa, a água é adicionada gradualmente à mistura, sendo continuamente trabalhada até alcançar a umidade ideal para o processo de moldagem.

A composição do tijolo de solo-cimento pode incluir aditivos específicos, como cal CH-III, filito e compostos plastificantes, entre outros, com o objetivo de conferir características especiais ao bloco e aprimorar suas propriedades físicas e mecânicas.

Além disso, a correta seleção e identificação do solo são etapas fundamentais para garantir que os blocos atendam aos requisitos de resistência e absorção de água estabelecidos pelas normas ABNT NBR 8491 – 2013 e ABNT NBR 8492 – 2013 (MOTTA et al., 2014).

2.2.2 Moldagem

Após a preparação, a mistura deve ser imediatamente transferida para os moldes, onde será prensada. O processo de prensagem pode ser realizado utilizando equipamentos manuais, hidráulicos ou automáticos, sendo que o tipo e a qualidade do maquinário influenciam diretamente na uniformidade e estética do tijolo. Para garantir um produto final de maior qualidade, recomenda-se o uso de máquinas no padrão industrial. É fundamental realizar manutenções regulares nos equipamentos, além de adotar cuidados e atenção durante o processo de prensagem (informação verbal)¹.

Após essa etapa, os blocos são cuidadosamente removidos dos moldes e empilhados sobre uma superfície plana, lisa e nivelada, de modo a evitar deformações. Para garantir a integridade estrutural dos blocos, deve-se respeitar uma altura máxima de empilhamento de 1,5 m.

2.2.3 Cura

De acordo com o Centro Brasileiro de Construções e Equipamentos Escolares (CEBRACE) (1981), a hidratação do tijolo de solo-cimento nos primeiros dias após a moldagem é crucial para garantir sua resistência e durabilidade. O estudo destaca que, após as primeiras seis horas da moldagem e durante os sete primeiros dias, os tijolos devem ser mantidos úmidos para assegurar a cura adequada, pois a secagem rápida pode ocasionar perdas significativas na resistência do material.

Um estudo realizado por Campos, Nascimento e Brito (2019) analisou três diferentes métodos de cura: cura por ar natural, cura regada e cura em câmara úmida. Os resultados indicaram que a cura por ar natural apresentou maior constância nos ensaios de resistência à compressão, com

¹ Informação fornecida pela empresa Verde Equipamentos, fabricante de prensas para produção dos tijolos de solo-cimento

menor variação entre os resultados e valores satisfatórios em relação aos limites estabelecidos pela norma. No entanto, concluiu-se que, independentemente do método adotado, um maior tempo de cura proporciona um melhor desempenho dos tijolos em termos de resistência mecânica.

A ABNT NBR 10833 – 2013 reforça essa recomendação, determinando que os tijolos de solo-cimento só devem ser utilizados após um período mínimo de 14 dias de cura, garantindo assim que tenham alcançado as propriedades mecânicas adequadas para sua aplicação.

2.2.4 Armazenamento e Transporte

Após o período de cura, recomenda-se o uso de paletes para o armazenamento e transporte dos tijolos.

2.3 CARACTERÍSTICAS DO TIJOLO

A ABNT NBR 8491 – 2013 recomenda que as dimensões do tijolo vazado de solo-cimento sejam 12 x 24 x 7 cm. Todavia, essas medidas podem apresentar dimensões diferentes das estabelecidas, desde que o tijolo permaneça com a altura menor que a sua largura. Dessa forma, o tijolo de solo-cimento é normalmente comercializado em dois tamanhos: 12,5 x 25 x 6,25 cm e 15 x 30 x 7,5 cm. Ambos possuem variações de meio bloco, nas dimensões de 12,5 x 12,5 x 6,25 cm e 15 x 15 x 7,5 cm, além de canaletas com as mesmas dimensões dos tijolos inteiros, 12,5 x 25 x 6,25 cm e 15 x 30 x 7,5 cm. Essas variações, apresentadas na Figura 2.2, contribuem para a redução de resíduos na obra, pois eliminam a necessidade de cortes nos blocos. Este tipo de tijolo ainda apresenta excelente adaptabilidade, podendo ser utilizado tanto em ambientes rurais quanto urbanos. Ele aceita diversos tipos de acabamento e também pode ser utilizado à vista, sem revestimento. Seu formato, semelhante a peças de lego, facilita a montagem da alvenaria e permite a passagem de instalações elétricas e hidrossanitárias, tornando a construção mais eficiente (WEBER; CAMPOS; BORGA, 2017).

Figura 2.2 - Tipos de tijolo de solo-cimento



Fonte: KARLA CUNHA (2012)

Após consultar os fornecedores localizados na região do município de Jataí-GO, constatou-se que os tijolos de solo-cimento disponíveis possuem as seguintes dimensões: 12,5 x 25 x 7 cm, sendo vazados com dois furos. Além disso, também estão disponíveis canaletas com as mesmas medidas. Em relação aos meios blocos, será necessário realizar o corte dos blocos na obra, uma vez que não existem blocos pré-fabricados com as dimensões de 12,5 x 12,5 x 7 cm, se tornando um empecilho para uma menor geração de resíduos de construção na obra. A Figura 2.3 apresenta a utilização deste tijolo em uma obra do município de Jataí.

Figura 2.3 - Tijolos de Solo cimento em obra no município de Jataí-GO



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Assim como qualquer outro material de construção, o tijolo de solo-cimento apresenta vantagens e desvantagens. Segundo Dos Santos et al., (2009), as principais vantagens incluem:

- Um design especial que facilita a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas durante a montagem da parede, evitando a quebra e a geração de resíduos;
- Facilidade de encaixe entre os blocos, gerando economia com argamassa e outros produtos ligantes, resultando em obras mais limpas e com menos desperdício;
- Um design esteticamente agradável, que pode dispensar a necessidade de revestimentos, bastando apenas um acabamento com verniz ou resina para deixar o bloco aparente;
- Grande compatibilidade com qualquer tipo de acabamento, como pode ser observado na Figura 2.4;
- Variações de meio bloco e canaletas, que evitam a perda de tempo com recortes e a geração de resíduos na obra;
- Excelente isolamento térmico, mantendo a temperatura aquecida nos dias frios e proporcionando frescor nos dias quentes;
- Processo de fabricação que garante maior uniformidade nas dimensões dos blocos;
- Redução de custos na construção e no uso de materiais como madeira, cimento e aço.

Por outro lado, Kleindienst (2016) apud OLIVEIRA (2020) destaca as seguintes desvantagens:

- Exige mão de obra qualificada, devido à necessidade de um assentamento especial;
- Os tijolos possuem maior espessura, o que pode comprometer o espaço interno de uma casa se não for bem planejado;
- Apresentam baixa resistência a impactos em cantos ou esquinas, o que pode comprometer a estrutura;
- Absorvem muita umidade, necessitando de cuidados com a impermeabilização;
- Podem apresentar limitações em casos de ampliação ou reparação da obra.

Além disso, MOTTA et al., (2014) alertam que o uso indiscriminado do solo pode causar processos erosivos ao meio ambiente e que podem surgir patologias caso haja erro na dosagem.

Figura 2.4 - Casa de tijolo ecológico com janelas de vidro



Fonte: F. SOARES ARQUITETURA (2019)

2.5 PROCESSO CONSTRUTIVO

O processo construtivo usando o tijolo de solo-cimento se dá, primeiramente, pela escolha do tamanho do bloco que será usado. Dessa forma, é feito o quantitativo de blocos por metro quadrado que será usado na construção, e realizado o pedido dos materiais incluindo canaletas e meio blocos. As paredes devem ser limitadas em 4 ou 5 metros de comprimento, com o objetivo de diminuir a retração dos tijolos propícios ao surgimento de patologias. Caso haja a necessidade de paredes extensas, é recomendada a utilização de juntas de dilatação. Assim, é feita a execução do contrapiso nivelado e impermeabilização da região onde se encontrará a alvenaria, como mostra a Figura 2.5 (WEBER; CAMPOS; BORGA, 2017).

Figura 2.5 - Impermeabilização da base para os tijolos de solo-cimento



Fonte: WEBER; CAMPOS; BORGA (2017)

Para o assentamento de tijolos, recomenda-se não os molhar completamente, apenas umedecê-los levemente se estiverem secos, evitando a saturação. A argamassa pode ser composta de solo, desde que a mistura seja coesa e plástica, facilitando a aplicação. Duas proporções de traço podem ser utilizadas: cimento e solo (1:14) ou cimento, cal e solo (1:3:12). Estudos indicam que essa argamassa apresenta resistência comparável ou superior à dos tijolos solo-cimento (WEBER; CAMPOS; BORGA, 2017). A verificação do nível e execução da primeira fiada pode ser analisada por meio da Figura 2.6.

Figura 2.6 - Execução e verificação de nível da primeira fiada



Fonte: TIJOLO PONTO ECO (2024)

Na primeira fiada de tijolos, barras de aço são colocadas para o graute, com furos nas fundações em todos os cantos de paredes, uniões em “T”, e a cada 75 cm de parede. Durante a concretagem

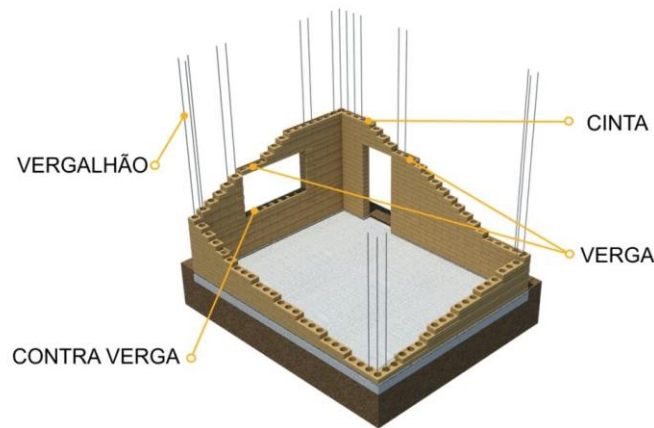
dos pilaretes, o graute é aplicado em etapas para evitar vazios. Cintas de amarração são feitas abaixo e acima das janelas e portas, e em todas as paredes, independentemente de haver aberturas (WEBER; CAMPOS; BORGA, 2017). Estas informações estão ilustradas nas Figuras 2.7 e 2.8.

Figura 2.7 - Primeira fiada dos tijolos de solo-cimento finalizada



Fonte: TIJOLO PONTO ECO (2024)

Figura 2.8 - Estrutura da construção usando o tijolo de solo-cimento



Fonte: BLOG CONSTRUINDO CASAS (2021)

Após a construção das paredes e telhado, o acabamento começa. Para paredes com tijolos aparentes, os tijolos danificados devem ser substituídos e duas demãos de resina acrílica aplicadas antes do rejunte, assim como demonstrado na Figura 2.9. O processo de rejunte pode ser observado através da figura 2.10. Para paredes internas com acabamento diferenciado, como gesso, reboco ou cerâmica, o rejunte não é necessário. Devido à umidade, o solo-cimento tende

à retração, que pode ser reduzida com o revestimento adequado nas áreas molháveis e externas (WEBER; CAMPOS; BORGA, 2017).

Figura 2.9 - Aplicação de resina impermeabilizante nos tijolos de solo-cimento



Fonte: WEBER; CAMPOS; BORGA (2017)

Figura 2.10 - Execução de rejunte nos tijolos de solo-cimento



Fonte: WEBER; CAMPOS; BORGA (2017)

O bloco de solo-cimento pode também ser empregado para alvenaria de vedação, conforme detalhado na execução do item anterior. Vale destacar que a estrutura do edifício será sustentada por pilares, sendo um dos benefícios desta aplicação a possibilidade de ampliar os vãos entre os pilares, já que as paredes construídas com esses blocos oferecem maior estabilidade e resistência. Podem também ser inseridas barras de ferro e graute no interior dos blocos para conferir maior robustez à alvenaria (informação verbal)².

2.6 CRITÉRIOS DE QUALIDADE

Os tijolos de solo-cimento, assim como qualquer outro componente empregado na construção civil, devem garantir segurança e eficiência à obra, atendendo às exigências normativas e às demandas técnicas. Para assegurar a qualidade e o desempenho desse material, é imprescindível que ele atenda aos requisitos estabelecidos pelos ensaios de resistência à compressão e absorção de água, de acordo com as normas técnicas vigentes. Nesse contexto, a ABNT NBR 8492 – 2013 estabelece os métodos para a determinação da resistência à compressão e absorção de água, enquanto a ABNT NBR 8491 – 2013 define os requisitos para tijolos de solo-cimento (MOTTA et al., 2014).

Os ensaios realizados por Motta et al. (2014) indicam que os tijolos de solo-cimento apresentam maior resistência em comparação à alvenaria convencional, cuja resistência média é de 2 MPa. No que se refere à absorção de água, os tijolos de solo-cimento apresentam um índice de 15,32%, valor significativamente inferior aos 45,388% observados em tijolos convencionais (MOTTA et al., 2014). A qualidade final dos tijolos de solo-cimento, entretanto, é influenciada por diversos fatores, como o tipo de solo utilizado, a umidade de moldagem, o tipo de prensa empregada, a proporção entre solo e cimento, características dos aditivos e o processo de cura. Para otimizar a resistência à compressão, reduzir a absorção de água e aumentar a durabilidade, recomenda-se o uso de uma proporção maior de cimento na mistura (MOTTA et al., 2014).

Outro aspecto relevante dos tijolos de solo-cimento é sua durabilidade superior e a menor necessidade de manutenção das edificações construídas com esse material. Graças à sua alta resistência, as construções executadas com tijolos de solo-cimento demonstram grande durabilidade, resistindo de forma eficaz ao desgaste ao longo do tempo (TEIXEIRA et al., 2012). Conforme Souza et al. (2011), testes comprovam que a mistura de solo-cimento,

² Informação fornecida pelo Engenheiro Civil Brayan Youssef Duranis, empresário do ramo de tijolos de solo-cimento, por meio de diálogo informal em agosto de 2024.

compactada com o teor de umidade adequado para a obtenção da máxima densidade, resulta em um material estruturalmente robusto e durável.

2.7 CONSTRUÇÕES COM O TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

O tijolo de solo-cimento destaca-se como uma opção atrativa para a construção de habitações populares devido às suas características técnicas e ao potencial de economia, que pode chegar a até 40%, além de apresentar um menor impacto ambiental (ABCP, 1987).

Em comparação com outros métodos construtivos, como cerâmica e concreto, observa-se que estes são mais onerosos, pois dependem de combustíveis fósseis, consomem materiais nobres cada vez mais escassos e exigem o uso de argamassa para assentamento e revestimento. Além disso, necessitam de cortes nos blocos, tanto para o assentamento quanto para a passagem de instalações complementares, o que acarreta desperdícios e perdas durante a execução da obra (CORDEIRO, 2010).

Além do solo-cimento, o tijolo ecológico pode ser produzido com a incorporação de resíduos de construção ou com a adição de outros materiais em sua composição, como fibras vegetais e cinzas do bagaço de cana. A análise da base de dados do Portal de Periódicos CAPES revela uma ampla gama de estudos sobre o tijolo de solo-cimento. De acordo com Vasconcelos et al. (2021), os trabalhos presentes nessa base de dados destacam os aspectos sustentáveis desse material, abordam a necessidade de promover construções mais sustentáveis e discutem os benefícios econômicos e construtivos do tijolo de solo-cimento. Além disso, enfatizam a relevância desse bloco para construções habitacionais, ressaltando sua contribuição para práticas mais sustentáveis na construção civil. Um exemplo de construção utilizando este bloco pode ser analisado por meio da Figura 2.11.

Figura 2.11 - Casa feita com tijolo de solo-cimento em Gurupi, Tocantins



Fonte: Reprodução/TV Anhanguera

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

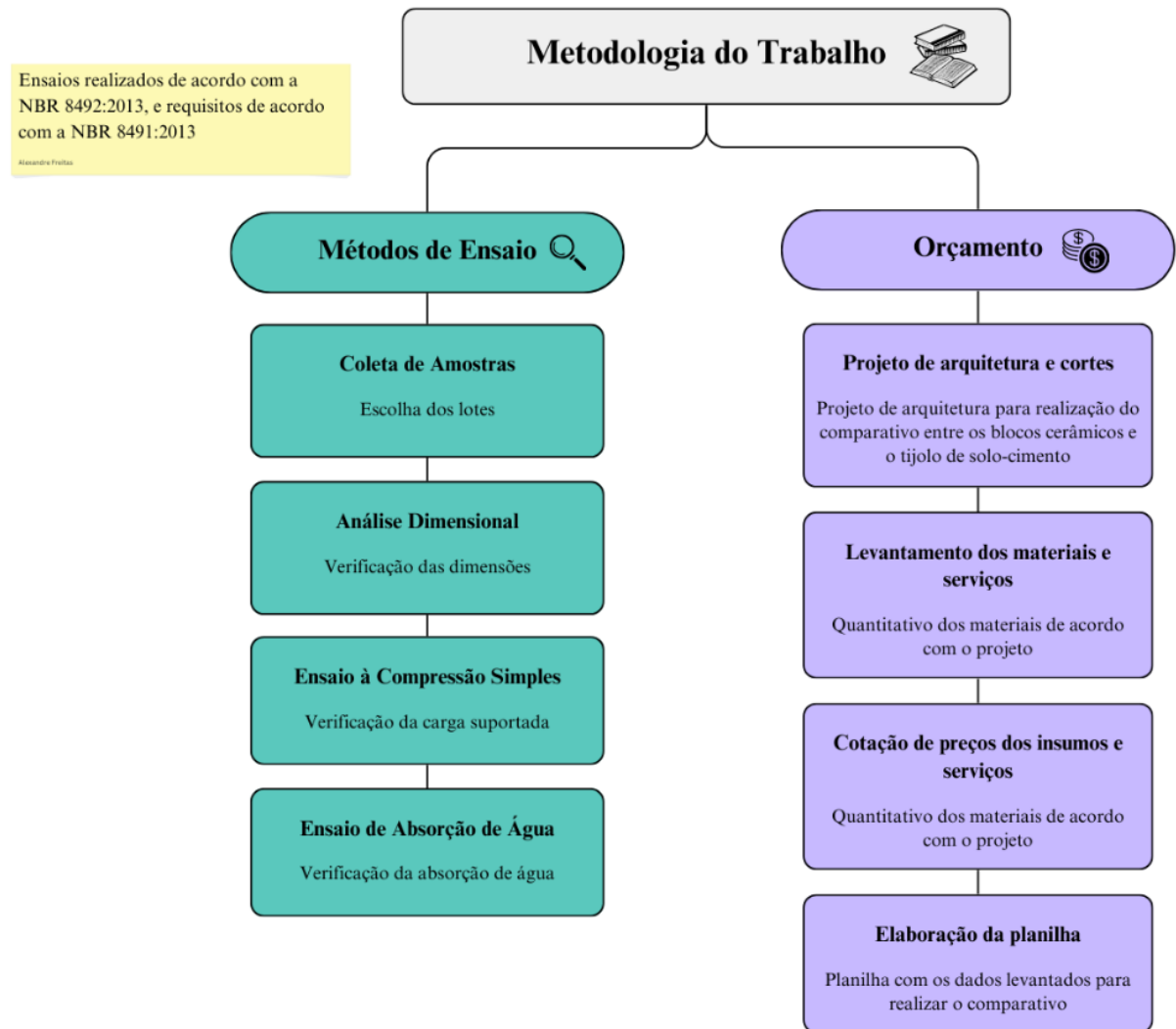
Neste item, serão descritos os procedimentos adotados para a análise técnica e econômica do tijolo de solo-cimento. No âmbito técnico, os ensaios foram realizados de acordo com as orientações estabelecidas pela ABNT NBR 8492 – 2013 e pelos requisitos especificados na ABNT NBR 8491 – 2013. Os testes conduzidos incluíram a análise dimensional, a determinação da resistência à compressão e a verificação da absorção de água do material. Os ensaios foram executados no Laboratório de Materiais de Construção do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí.

No que tange ao aspecto econômico, foi elaborado um orçamento detalhado com base nos preços médios praticados na região do município de Jataí. A análise considerou os custos extraídos das tabelas de preços e composições da Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (GOINFRA) para a construção utilizando blocos cerâmicos, incluindo materiais e serviços. Para o tijolo de solo-cimento, utilizou-se um estudo realizado por Moraes (2019) para obter informações sobre o quantitativo de materiais e serviços por metro quadrado na construção com tijolos de solo-cimento, uma vez que esse material não possui dados específicos nas tabelas da GOINFRA.

Os dados obtidos foram organizados em planilhas, a partir das quais foi elaborado um comparativo de preços. Esse comparativo considerou a construção de um cômodo com dimensões de 3x3 metros, incluindo uma abertura para porta, uma abertura para janela e diferentes tipos de revestimentos. O objetivo foi proporcionar uma análise abrangente e detalhada dos custos envolvidos nos métodos construtivos que utilizam blocos cerâmicos e tijolos de solo-cimento.

Para uma melhor compreensão da metodologia e do sequenciamento das atividades, a Figura 3.1 apresenta o organograma com os principais tópicos que foram desenvolvidos ao longo deste trabalho.

Figura 3.1 - Organograma da metodologia



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

3.1 COLETA DE AMOSTRAS

Segundo a ABNT NBR 8492 – 2013, cada lote deve conter um total de 10 tijolos de solo-cimento, sendo necessário estarem identificados pelo fabricante de acordo com sua procedência como é determinado pela ABNT NBR 8491 – 2013. Essa norma ainda afirma que o tijolo de solo-cimento deve ter arestas vivas e não pode apresentar fissuras, fraturas ou outros defeitos que possam comprometer o assentamento, a resistência e a durabilidade da alvenaria. Todas as unidades foram submetidas ao ensaio de análise dimensional. Posteriormente, 7 unidades foram separadas para o ensaio à compressão simples enquanto 3 unidades foram submetidas ao ensaio de absorção de água. Vale ressaltar que, caso a quantidade de tijolos em um lote ultrapasse

10.000 unidades, a amostra representativa mínima deve ser composta por 10 tijolos, somada à quantidade de tijolos no lote dividida por 10.000. Por exemplo, se o lote contiver 63.000 tijolos, a quantidade de amostras seria $10.000 + (63.000/10.000)$, totalizando 16 tijolos. Desses, 100% devem ser destinados aos ensaios de análise dimensional. Em seguida, 70% dessas amostras devem ser submetidas aos ensaios de resistência à compressão simples, enquanto as 30% restantes devem ser destinadas aos ensaios de absorção de água.

Para a realização deste trabalho, foram coletados dois lotes, totalizando 20 amostras, provenientes do único fabricante de tijolos de solo-cimento em operação no município de Jataí, Goiás. A distribuição das amostras destinadas aos ensaios está detalhada na Tabela 3.1, enquanto a Figura 3.2 apresenta os blocos estudados.

Tabela 3.1 - Número de blocos utilizados em cada etapa

Etapa	Quantidade de amostras
Coleta de amostras	20
Análise dimensional	20
Resistência à compressão simples	14
Absorção de água	6

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA

Figura 3.2 - Amostras dos blocos de solo-cimento



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

3.2 ANÁLISE DIMENSIONAL

A ABNT NBR 8492 – 2013 determina que para cada dimensão do corpo de prova, devem ser realizadas pelo menos três medições em pontos distintos de cada face. Uma medição deve ser feita em cada extremidade e outra no meio do corpo de prova, com precisão de 0,5 mm.

Segundo a ABNT NBR 8491 – 2013, os tijolos devem atender as tolerâncias permitidas de 1,00 mm para o comprimento, largura e altura. As dimensões nominais que os tijolos devem ter são apresentadas na Tabela 3.2. No entanto, podem apresentar dimensões diferentes das estabelecidas nesta tabela, desde que o tijolo permaneça com a altura menor que sua largura, e seguindo as recomendações de produção da ABNT NBR 10833 – 2013.

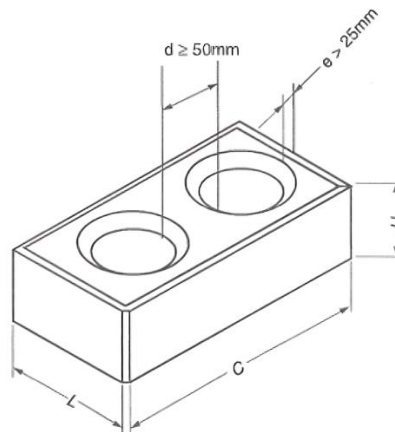
Tabela 3.2 - Tipos de dimensões nominais (em mm)

Tipos	Comprimento (C)	Largura (L)	Altura (H)
A	200	100	50
B	240	120	70

Fonte: ABNT NBR 8491 (2013)

De acordo com a ABNT NBR 8491 – 2013, os tijolos de solo-cimento com furos devem possuir o eixo perpendicular à superfície de assentamento, com uma espessura (e) mínima de 25 mm nas paredes ao seu redor e uma distância mínima de 50 mm entre dois furos, conforme a Figura 3.3.

Figura 3.3 - Tipos de dimensões nominais (em mm)



Fonte: ABNT NBR 8491 (2013)

Ainda segundo a essa norma, caso os resultados da verificação realizada possuam uma rejeição máxima de 20% dos tijolos da amostra representativa, o lote deve ser aceito.

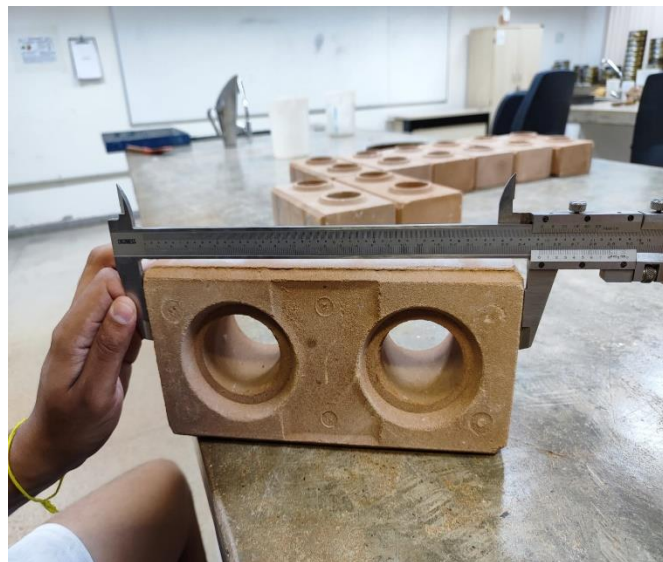
A verificação das dimensões dos blocos foi realizada com o auxílio de um paquímetro com precisão de 0,02 mm, como pode ser visto através das Figuras 3.4 a 3.6. Em cada face, foram efetuadas três medições, além da avaliação da espessura mínima das paredes e da distância entre os furos.

Figura 3.4 - Largura (L) do bloco



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 3.5 - Comprimento (C) do bloco



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 3.6 - Altura (H) do bloco



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

3.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

De acordo com a ABNT NBR 8492 – 2013, 70% das amostras de tijolos de solo-cimento devem ser submetidas aos ensaios de resistência à compressão simples. Para este trabalho, isso corresponde a 14 unidades de tijolos destinadas ao teste de compressão. O procedimento para a realização do ensaio foi conduzido da seguinte forma:

- Cortar o tijolo ao meio, de forma perpendicular à sua maior dimensão. Neste trabalho, os blocos foram cortados com o auxílio de uma serra giratória, conforme ilustrado na Figura 3.7. O resultado dos cortes é apresentado na Figura 3.8.

Figura 3.7 - Corte dos blocos com auxílio de serra



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

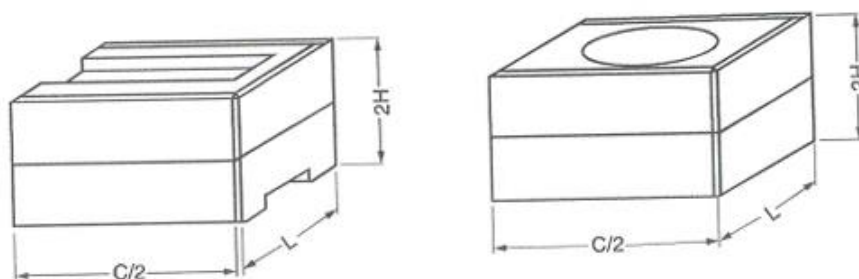
Figura 3.8 - Blocos de solo-cimento cortados



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

- Sobrepor as duas metades obtidas pelas faces maiores, conforme ilustrado na Figura 3.9. As superfícies cortadas devem ser invertidas e unidas com uma camada fina de pasta de cimento Portland, previamente contraída (após repouso de aproximadamente 30 minutos), com espessura entre 2 mm e 3 mm. Em seguida, deve-se aguardar o endurecimento da pasta. É importante notar que a resistência da pasta de cimento não deve ser inferior à do tijolo em ensaio. O resultado desse processo pode ser conferido por meio da Figura 3.10.

Figura 3.9 - Ilustração dos corpos de prova preparados a partir de tijolos maciço e vazado com duas metades invertidas sobrepostas



Fonte: ABNT NBR 8492 (2013)

Figura 3.10 - Preparação dos corpos de prova



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

- Caso o tijolo apresente rebaixos, é necessário sobrepor as metades de modo que as reentrâncias fiquem nas faces de trabalho do corpo de prova. Após essa verificação, deve-se preencher as reentrâncias com pasta de cimento Portland e aguardar aproximadamente 12 horas antes de proceder à etapa seguinte.
- O corpo de prova obtido deve apresentar suas faces planas e paralelas antes de ser submetido ao ensaio, garantindo perfeito contato entre as superfícies de trabalho. As faces podem ser regularizadas por meio de retífica adequada ou capeamento com pasta de cimento Portland, com espessura máxima de 3 mm. Em seguida, as rebarbas existentes devem ser retiradas com uma espátula. Esta etapa é ilustrada pelas Figuras 3.11 e 3.12.

Figura 3.11 - Capeamento dos corpos de prova



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 3.12 - Regularização das faces dos corpos de prova



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

- Após o endurecimento do material utilizado, os corpos de prova devem ser identificados e imersos em água por no mínimo 6 horas, como pode ser visto na Figura 3.13.

Figura 3.13 - Corpos de prova imersos em água



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

- Os corpos de prova devem ser retirados da água imediatamente antes do ensaio e enxugados superficialmente com um pano levemente umedecido. Essa operação deve ser realizada em no máximo 3 minutos.
- As dimensões das faces de trabalho devem ser determinadas com precisão de 1 mm, sem descontar as áreas de furos ou reentrâncias.
- De acordo com a ABNT NBR 8492 – 2013, a máquina utilizada para o ensaio de compressão deve atender aos requisitos especificados pela ABNT NBR NM-ISO 7500-1 – 2023. Ela deve ser equipada com dois pratos de apoio em aço, sendo que um deles deve ser articulado para atuar na parte superior do corpo de prova. Caso as dimensões dos pratos de apoio não sejam suficientes, é necessário utilizar uma placa de aço monolítica entre a máquina e o corpo de prova, que possua superfícies planas e rígidas, sem apresentar desvios superiores a 0,08 mm para cada 400 mm, com espessura mínima de 35 mm e capacidade de suportar até 1000 kN. Além disso, a máquina deve dispor de instrumentos capazes de medir e registrar a carga com uma aproximação máxima de $\pm 2\%$. Por fim, ela deve ser equipada com um dispositivo que garanta a distribuição uniforme dos esforços aplicados ao corpo de prova, assegurando que a carga seja transmitida de maneira progressiva e sem choques, evitando variações bruscas que possam comprometer a precisão dos resultados.

- O corpo de prova deve ser colocado diretamente sobre o prato inferior da máquina de ensaio à compressão, de modo que fique centralizado em relação a este, assim como é ilustrado na Figura 3.14.

Figura 3.14 - Posicionamento do corpo de prova na prensa para ensaio de resistência à compressão simples



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

- A aplicação da carga deve ser uniforme, à razão de 500 N/s (50 kgf/s).
- A carga deve ser aumentada gradativamente até ocorrer a ruptura do corpo de prova.

De acordo com a ABNT NBR 8491 – 2013, as amostras ensaiadas não podem apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor do que 2,0 MPa (20 kgf/cm²) nem valor individual inferior a 1,7 MPa (17 kgf/cm²), com idade mínima de sete dias.

Ainda segundo a ABNT NBR 8491 – 2013, o lote deve ser rejeitado no caso de:

- Os resultados médios dos ensaios de resistência à compressão não satisfazerem as exigências estabelecidas
- Mais da metade dos resultados da amostra não satisfazer as exigências individuais quanto à resistência à compressão

Caso metade dos resultados individuais não sejam satisfatórios com as exigências, deve-se proceder da seguinte maneira:

- Retirar do mesmo lote outra amostra representativa, igual ao dobro da anterior, a qual deve ser submetida novamente aos ensaios de análise dimensional e resistência à compressão.
- Caso todos os resultados satisfaçam as exigências referidas, o lote deve ser aceito.
- Caso um ou mais resultados não satisfaçam tais exigências, o lote deve ser rejeitado

3.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

A ABNT NBR 8492 – 2013 determina que 30% dos corpos de prova da amostra retirada de cada lote sejam submetidos ao ensaio de absorção de água. Para este trabalho, a amostra para o teste de absorção de água consiste em 6 unidades. Sendo assim, inicialmente é necessário secar os corpos de prova em estufa, a uma temperatura entre 105°C e 110°C, até que a massa se mantenha constante, como pode ser visto na Figura 3.15. Dessa forma, obtém-se a massa m_1 do corpo de prova seco, em gramas. Em seguida, deve-se imergir o corpo de prova em um tanque por 24 horas, assim como ilustrado na Figura 3.16. A imersão deve ser realizada após os corpos de prova atingirem a temperatura ambiente. Após a imersão, os corpos de prova são retirados e enxugados superficialmente com um pano levemente umedecido e pesados, antes de decorridos 3 minutos, obtendo assim a massa do corpo de prova saturado, m_2 , em gramas.

Figura 3.15 - Blocos de solo-cimento em secagem na estufa



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 3.16 - Blocos de solo-cimento imersos em água para o ensaio de absorção



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Segundo a ABNT NBR 8491 – 2013, as amostras ensaiadas não podem apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20% nem valores individuais superiores a 22%, com idade mínima de sete dias.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 8491 – 2013, o lote deve ser rejeitado nos seguintes casos:

- Os resultados médios dos ensaios de absorção de água não atenderem às exigências estabelecidas.
- Mais da metade dos resultados da amostra não atenderem às exigências individuais quanto à absorção de água.

Se metade dos resultados individuais não forem satisfatórios em relação às exigências, deve-se proceder da seguinte maneira:

- Retirar outra amostra representativa do mesmo lote, equivalente ao dobro da anterior, e submetê-la novamente aos ensaios de análise dimensional e absorção de água.
- Caso todos os resultados atendam às exigências referidas, o lote deve ser aceito.
- Caso um ou mais resultados não atendam a essas exigências, o lote deve ser rejeitado.

3.5 ORÇAMENTO COMPARATIVO

O orçamento comparativo entre o tijolo de solo-cimento e o bloco cerâmico foi realizado com base na execução de uma estrutura demonstrativa de três metros por três metros (3x3), com 2,0 metros de altura, contendo uma porta e uma janela. Para ambas as opções de construção, os revestimentos foram aplicados conforme especificado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Revestimento dos tijolos de solo-cimento e do bloco cerâmico

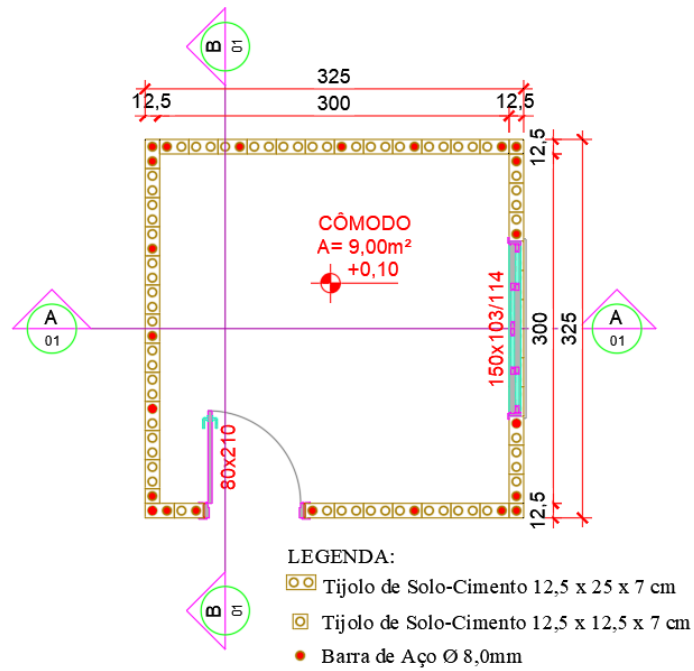
Bloco	Acabamento
Tijolo de solo-cimento 12,5 x 25 x 7 cm	Uso de argamassa para rejunte e aplicação de resinas impermeabilizantes, com finalidade deixar o tijolo aparente
Tijolo de solo-cimento 12,5 x 25 x 7 cm	Revestimento em gesso corrido para acabamento liso, na espessura de 5,00 mm
Bloco cerâmico 11,5 x 19 x 19 cm	Revestimento em chapisco, reboco, massa corrida e tinta, totalizando espessura de 1,25cm

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

A escolha dos revestimentos foi baseada no fato de que o tijolo de solo-cimento recebe um tratamento de impermeabilização por meio de resina e possui um acabamento mais liso, o que dispensa a aplicação de reboco. Dessa forma, para viabilizar a comparação entre o bloco cerâmico revestido e o tijolo de solo-cimento com algum tipo de revestimento, optou-se pelo gesso corrido, que também proporciona um acabamento liso.

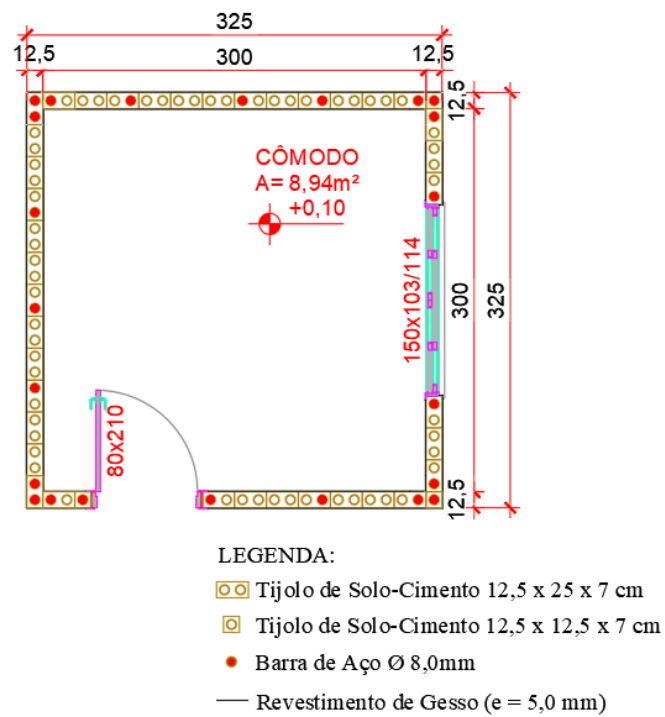
Após a definição dos revestimentos e das necessidades para sua execução, foi elaborada a planta baixa de arquitetura da estrutura que serviu como base do estudo. A partir dessa planta, foram realizados os quantitativos dos materiais necessários para a execução, possibilitando a elaboração do orçamento comparativo. As Figuras 3.17, 3.18 e 3.19 apresentam as plantas baixas arquitetônicas de cada bloco, enquanto as Figuras 3.20 e 3.21 mostram os cortes do cômodo em tijolo de solo-cimento aparente analisado.

Figura 3.17 - Planta baixa: Tijolo de solo-cimento aparente (medidas em cm)



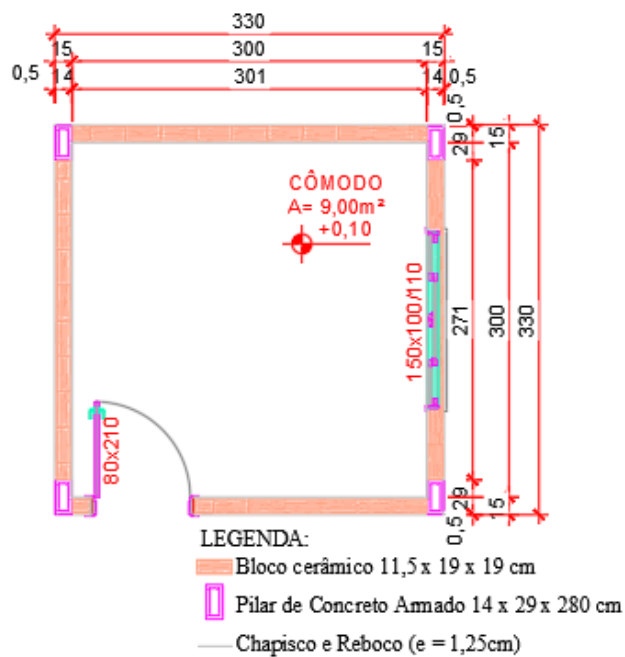
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 3.18 -Planta baixa: Tijolo de solo-cimento revestido em gesso (medidas em cm)



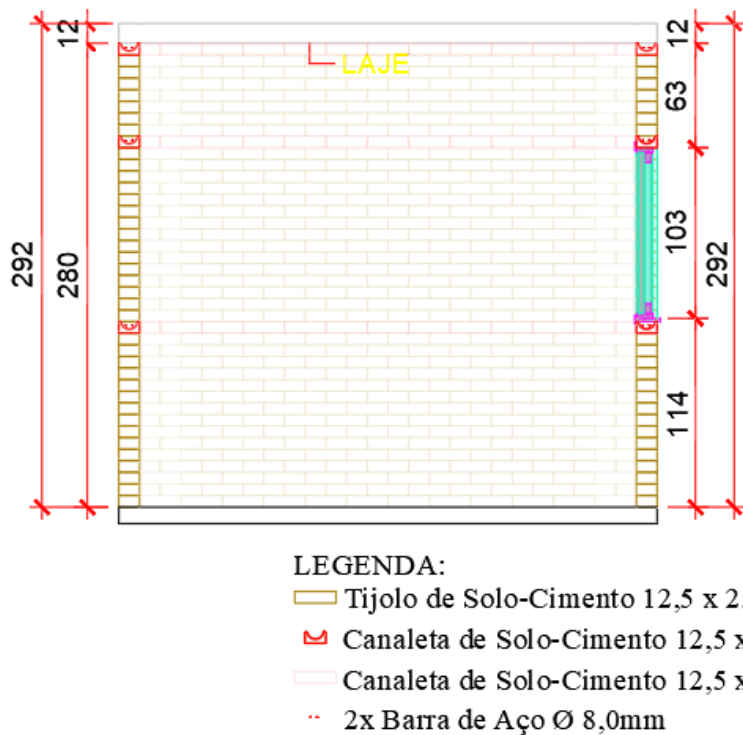
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 3.19 - Planta baixa: Bloco cerâmico revestido com chapisco e reboco (medidas em cm)



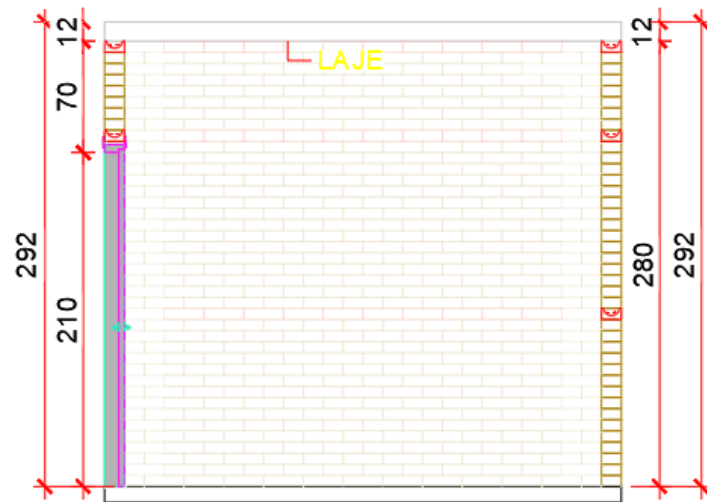
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 3.20 - Corte AA: Tijolo de solo-cimento aparente (medidas em cm)



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 3.21 - Corte BB: Tijolo de solo-cimento aparente (medidas em cm)



LEGENDA:

- Tijolo de Solo-Cimento 12,5 x 25 x 7 cm
- Canaleta de Solo-Cimento 12,5 x 25 x 7 cm
- Canaleta de Solo-Cimento 12,5 x 25 x 7 cm
- 2x Barra de Aço Ø 8,0mm

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

A lista de materiais para o cômodo feito em bloco cerâmico, apresentada na Tabela 3.4, foi determinada com base nas tabelas de preço e composição, sem desoneração, da GOINFRA (2025), publicadas em 2 de janeiro de 2025 e referentes ao mês de outubro de 2024.

Tabela 3.4 - Lista de materiais para o bloco cerâmico

GOINFRA	Material
100155	ALVENARIA DE TIJOLO FURADO 1/2 VEZ 11,5 X 19 X 19 - ARG. (1 CALH: 4ARML + 100 KG DE CI/M3)
60306	ACO CA-50A - 12,5 MM (1/2") - (OBRAS CIVIS)
60304	ACO CA-50 A - 8,0 MM (5/16") - (OBRAS CIVIS)
60314	ACO CA - 60 - 5,0 MM - (OBRAS CIVIS)
60010	VERGA/CONTRAVERGA EM CONCRETO ARMADO FCK = 20 MPA
261001	PINTURA LATEX ACRILICO 2 DEMAOS
261300	EMASSAMENTO COM MASSA PVA DUAS DEMAOS
60192	FORMA DE TABUA CINTA/PILAR SOBRE/ENTRE ALVENARIA U=8 VEZES
60518	PREPARO COM BETONEIRA E TRANSPORTE MANUAL DE CONCRETO FCK=30 MPA
200101	CHAPISCO COMUM
200500	REBOCO PAULISTA A-7 (1 CALH,4 ARMLC)

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Por outro lado, a lista de materiais para o tijolo de solo-cimento foi definida com base no estudo de Moraes (2019), pela falta de dados relacionados ao tijolo de solo-cimento nas tabelas da

GOINFRA. Este estudo apresentou a Tabela 3.5 detalhando o consumo de materiais por metro quadrado em construções realizadas com esse tipo de bloco.

Tabela 3.5 - Lista de materiais para o tijolo de solo-cimento

Item	Material
1	Tijolo de solo-cimento com dois furos 12,5 x 25 x 7 cm
2	Canaleta de solo-cimento com dois furos 12,5 x 25 x 7 cm
3	Resina Hidrofugante Incolor 18L a base d'água
4	Barra de aço CA-50 8.00mm
5	Argamassa ACIII 20kg
6	Areia Fina
7	Pedrisco
8	Cimento CP-II F32 50kg
9	Gesso Corrido 40kg
10	Lixa massa N100

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

No presente capítulo, são apresentados os resultados obtidos em cada etapa descrita na metodologia.

4.1 COLETA DE AMOSTRAS

Durante a coleta das amostras, foi possível inspecionar o local de fabricação, os equipamentos utilizados e o método de armazenamento dos blocos de solo-cimento, como pode ser visto na Figura 4.1. Os lotes do material são embalados e dispostos em paletes, garantindo proteção contra a chuva e evitando danos aos blocos. Em diálogo com o representante da empresa, foi informado que os blocos são separados por lotes, exceto nos casos em que a matéria-prima é proveniente do mesmo local de extração.

Figura 4.1 - Local de armazenamento e fabricação dos tijolos de solo-cimento



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Os blocos são armazenados e transportados em paletes para as obras, com o auxílio de uma empilhadeira para carga no caminhão. O custo do frete já está incluso no preço do tijolo. Esses processos podem ser visualizados na Figura 4.2 e 4.3

Figura 4.2 - Transporte dos tijolos de solo-cimento



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 4.3 - Armazenamento em obra dos tijolos de solo-cimento



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

A qualidade dos blocos, em termos de aparência e estado de conservação, foi considerada satisfatória. Algumas unidades apresentaram pequenos danos que não comprometeriam sua utilização, tanto na aplicação aparente quanto com revestimento. Os danos observados podem ser visualizados nas Figuras 4.4 e 4.5.

Figura 4.4 - Análise do estado da amostra (Tijolo 18)



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 4.5 - Análise do estado da amostra (Tijolo 17)



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

4.2 ANÁLISE DIMENSIONAL

Os tijolos de solo-cimento são comercializados nas dimensões de 12,5 x 25 x 7 centímetros. De acordo com a ABNT NBR 8491 – 2013, a tolerância em relação às medidas médias do tijolo de solo-cimento é de 1,0 mm. A distância média entre os furos deve ser maior ou igual a 50 mm, e a espessura mínima das paredes deve ser superior a 25 mm. Os resultados das dimensões médias obtidas no ensaio de análise dimensional estão apresentados na Tabela 4.1.

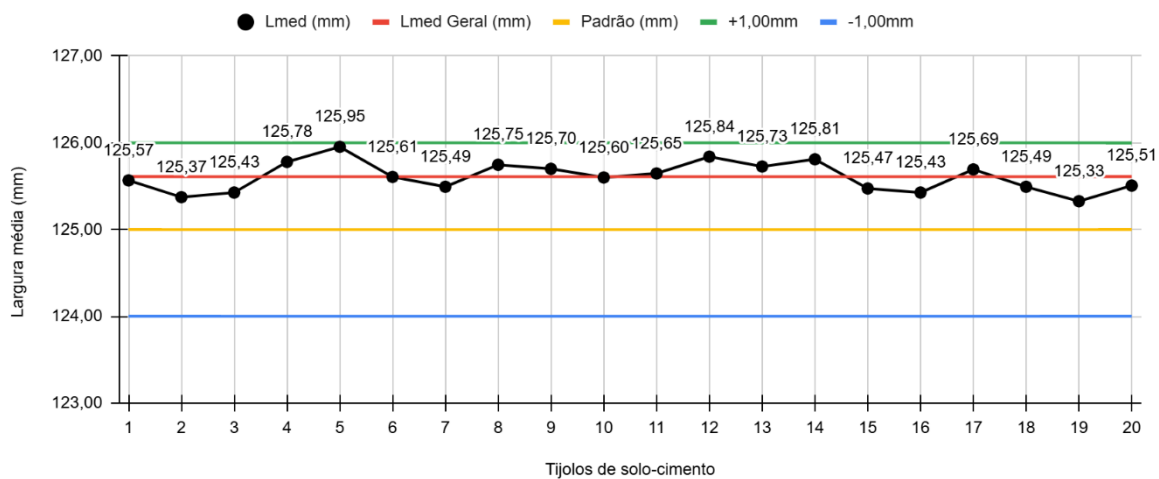
Tabela 4.1 - Dimensões médias das faces do tijolo de solo-cimento

Item verificado	Valores (mm)
Largura média geral (Lmed Geral)	125,61
Comprimento médio geral (Cmed Geral)	250,33
Altura média geral (Hmed Geral)	69,81
Distância média entre furos geral (dmed Geral)	72,88
Espessura mínima média geral (emed Geral)	32,88

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

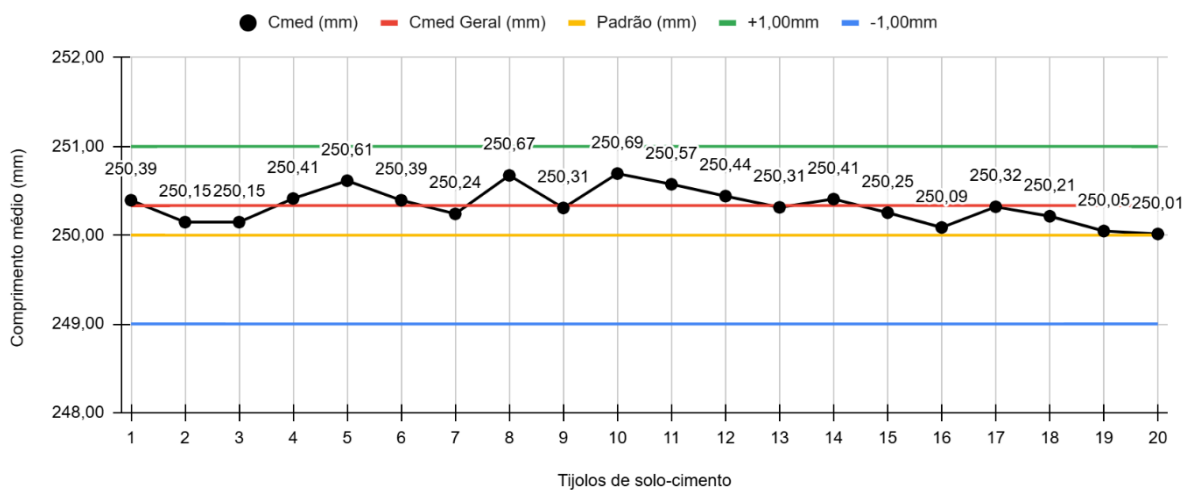
A análise dos dados revela que a média dos valores obtidos apresentou uma proximidade significativa com os valores especificados pelo fabricante dos tijolos. Ademais, todos os requisitos estabelecidos para a espessura dos blocos e a distância média entre os furos foram atendidos, em conformidade com as especificações da ABNT NBR 8491 – 2013. Os resultados das 20 amostras analisadas estão apresentados nas Figuras 4.6 a 4.10, que mostram as médias das três faces medidas para cada dimensão.

Figura 4.6 - Largura média dos tijolos de solo-cimento



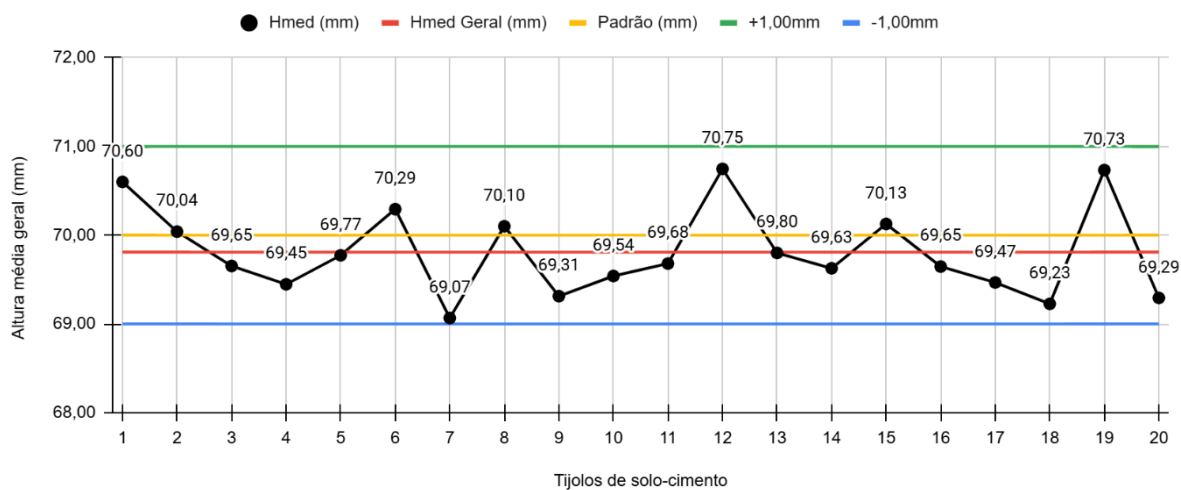
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 4.7 - Comprimento médio dos tijolos de solo-cimento



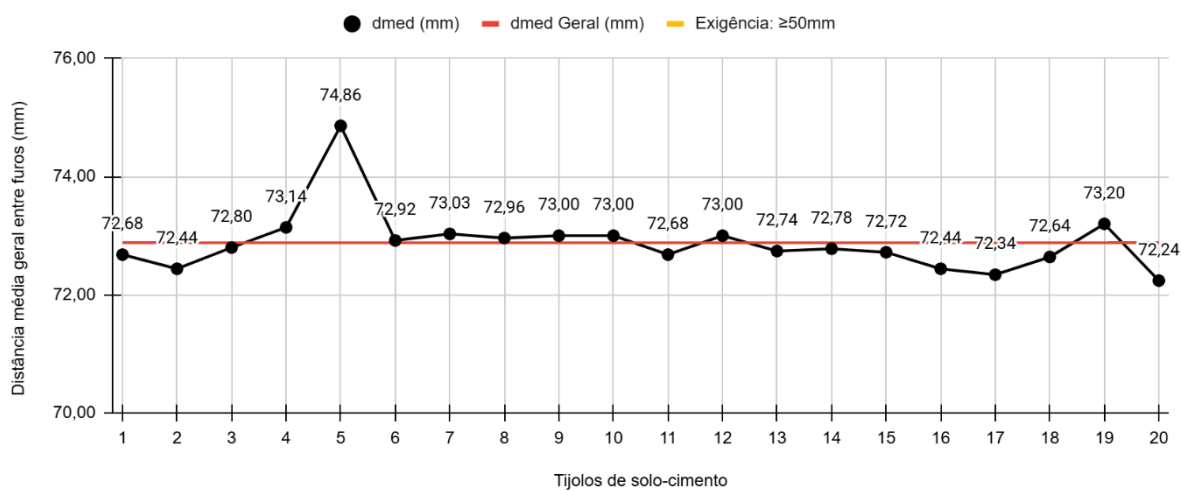
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 4.8 - Altura média dos tijolos de solo-cimento



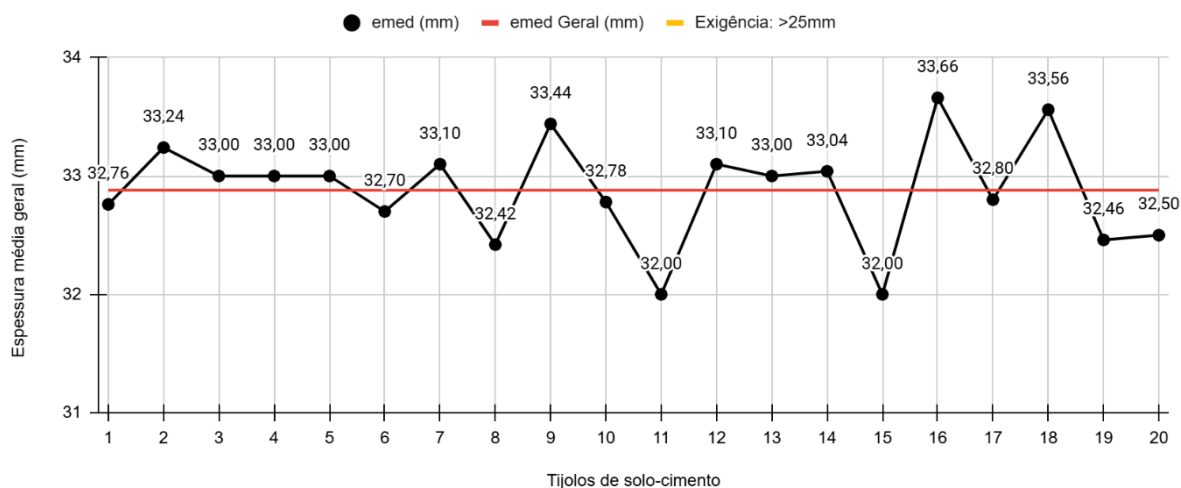
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Figura 4.9 - Distância entre furos média dos tijolos de solo-cimento



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

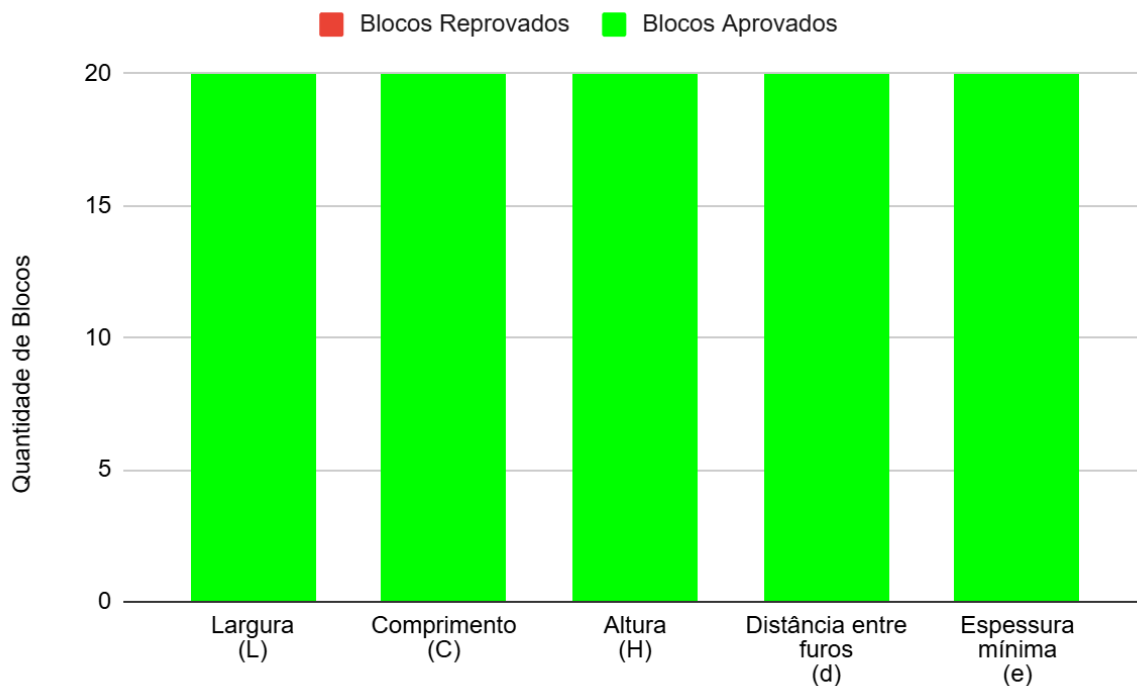
Figura 4.10 - Espessura mínima média dos tijolos de solo-cimento



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que todas as 20 amostras de tijolos de solo-cimento atenderam aos requisitos estabelecidos pela norma, sendo aprovadas em todos os critérios avaliados. Essa conformidade pode ser observada na Figura 4.11.

Figura 4.11 - Resultado da análise dimensional dos tijolos de solo-cimento



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

4.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

A execução do ensaio de resistência à compressão enfrentou alguns desafios, principalmente devido à limitação da amplitude da prensa. Para viabilizar o rompimento de alguns blocos, foi necessário adaptar chapas de 1,5 mm e 3 mm. No entanto, após a resolução desse problema, a prensa da instituição sofreu uma desconfiguração e, até a data de entrega deste trabalho, não havia retornado ao funcionamento. Devido ao tempo despendido na tentativa de solucionar essas questões, não foi possível buscar alternativas em outros locais fora da cidade para a realização dos ensaios, uma vez que, no município de Jataí, não havia equipamentos disponíveis para o rompimento dos corpos de prova dos tijolos de solo-cimento.

Para a análise da resistência dos blocos, foram realizados ensaios em 6 unidades devido às limitações de infraestrutura, sendo 4 blocos de solo-cimento e 2 blocos ecológicos compostos por resíduos de construção civil. Apesar de a quantidade de blocos testados não ter atingido o número mínimo exigido pela ABNT NBR 8491 – 2013, que estabelece a avaliação de 7 blocos por lote, os resultados obtidos foram considerados altamente satisfatórios.

De acordo com a norma, cada bloco deve apresentar uma resistência mínima individual de 1,7 MPa, enquanto a média dos blocos de um lote deve atingir pelo menos 2,0 MPa. Apesar da limitação no número de amostras avaliadas, os dados coletados indicaram um desempenho técnico promissor, reforçando o potencial dos materiais analisados para aplicações na construção civil.

Os valores obtidos nos ensaios de resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento e blocos ecológicos estão apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento e blocos ecológicos

Tipo	Bloco	Resistência [Mpa]
Solo-cimento	5	3,80
	6	5,18
	12	5,56
	13	6,62
Bloco ecológico	A	7,13
	B	6,62
	Resistência Média:	5,82

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Apesar da limitação no número de blocos ensaiados, os valores de resistência obtidos superaram em mais do que o dobro os mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 8491 – 2013. É importante destacar que os blocos identificados como 1 a 14 eram compostos por solo-cimento, enquanto os blocos A e B foram produzidos com resíduos de construção civil. Esses resultados reforçam o potencial técnico dos materiais analisados, mesmo com as restrições enfrentadas durante os ensaios.

4.4 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para a análise de absorção de água, foi possível realizar o ensaio regulamentados pela ABNT NBR 8492 – 2013 em todos os 6 blocos, avaliando dois lotes distintos. Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Resultados do ensaio de absorção de água do tijolo de solo-cimento

Blocos	Massa Seca (m1) [g]	Massa Saturada (m2) [g]	Absorção de água (A)
15	3155,40	3524,80	11,71%
16	3197,20	3602,00	12,66%
17	3204,60	3587,80	11,96%
18	3107,40	3520,40	13,29%
19	3260,70	3648,60	11,90%
20	3180,30	3582,90	12,66%
Absorção Média:			12,36%

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Analisando os resultados, verifica-se que todos os blocos atenderam aos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 8491 – 2013. No quesito individual, os valores de absorção de água ficaram abaixo do limite de 20%, enquanto a média geral ficou inferior ao limite de 22%, garantindo a aprovação em ambos os critérios

4.5 ORÇAMENTO COMPARATIVO

O orçamento comparativo foi elaborado por meio de planilhas detalhadas, nas quais são apresentados o quantitativo de materiais, os custos e os serviços necessários para a execução dos métodos construtivos com tijolo de solo-cimento e bloco cerâmico. Não foram avaliados neste estudo as instalações complementares (elétrica, hidráulica e sanitária), laje e fundações.

A área total de parede considerada foi de 29,367 m² para o bloco cerâmico e de 30,207 m² para o tijolo de solo-cimento. Os preços médios dos materiais e serviços foram obtidos junto a

fornecedores da região. Sempre que possível, buscou-se coletar pelo menos três amostras de preços para cada item relacionado ao tijolo de solo-cimento. No entanto, para itens com um número limitado de fornecedores, como o próprio tijolo, que possui apenas um fabricante no município de Jataí, utilizou-se a única referência disponível. Para o bloco cerâmico, foram considerados os valores presentes na tabela de preços sem desoneração da GOINFRA (2025).

Neste estudo, o quantitativo de materiais para o tijolo de solo-cimento foi definido com base no estudo de Moraes (2019), que apresentou uma tabela com o consumo de materiais por metro quadrado em construções utilizando esse tipo de bloco, conforme demonstrado na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Composição de preços do tijolo de solo-cimento por metro quadrado

Materiais	Unidade	Consumo / m2	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$ / m2)
Tijolo de solo-cimento	un	60	R\$ 0,85	R\$ 51,00
Argamassa	kg	1,2	R\$ 7,56	R\$ 9,07
Cimento	kg	13,48	R\$ 0,59	R\$ 7,95
Areia	m3	0,003	R\$ 50,00	R\$ 0,15
Pedrisco	m3	0,003	R\$ 110,90	R\$ 0,33
Barra de aço CA-50 8mm	kg	0,42	R\$ 4,81	R\$ 2,02
Resina acrílica incolor	L	0,125	R\$ 38,80	R\$ 4,85
Serviços				
Pedreiro	h	1,2	R\$ 6,65	R\$ 7,98
Servente	h	1,22	R\$ 4,48	R\$ 5,45
Total de materiais e serviços:				R\$ 88,81

Fonte: MORAIS (2019)

Para atender aos requisitos deste trabalho, a tabela foi atualizada com a inclusão do uso de gesso corrido e canaletas de solo-cimento, além da revisão do tempo estimado para execução pela mão de obra, com base nos dados fornecidos pelo fabricante local. Também foi realizada a adequação dos preços unitários para a região, conforme apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.5 - Composição atualizada de preços do tijolo de solo-cimento, por metro quadrado

Item	Unidade	Consumo / m2	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$/m2)
Tijolo de solo-cimento com dois furos 12,5 x 25 x 7 cm	un	56	R\$ 1,65	R\$ 92,40
Canaleta de solo-cimento com dois furos 12,5 x 25 x 7 cm	un	5	R\$ 1,70	R\$ 8,34
Argamassa ACIII	kg	1,2	R\$ 2,08	R\$ 2,49
Cimento CP-II F32	kg	13,48	R\$ 0,63	R\$ 8,48
Areia Fina	m3	0,003	R\$ 116,25	R\$ 0,35
Pedrisco (Brita 0)	m3	0,003	R\$ 152,55	R\$ 0,46
Barra de aço CA-50 8.00mm	kg	0,42	R\$ 7,93	R\$ 3,33
Resina Hidrofugante Incolor a base d'água	L	0,125	R\$ 14,99	R\$ 1,87
Gesso Corrido	kg	5	R\$ 0,98	R\$ 4,91
Serviços				
Pedreiro	h	0,66	R\$ 25,00	R\$ 16,50
Servente	h	0,66	R\$ 16,25	R\$ 10,73
Total de materiais e serviços:			R\$ 149,86	

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Com base nos dados obtidos, foi possível elaborar o orçamento comparativo entre os blocos. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 4.6, 4.7 e 4.8.

Tabela 4.6 - Custos para a construção adotando o bloco cerâmico com reboco e pintura

GOINFRA	Item	Unidade	Quantidade	R\$ / Un	Preço (R\$)
100155	ALVENARIA DE TIJOLO FURADO 1/2 VEZ 11,5 X 19 X 19 - ARG. (1 CALH: 4ARML + 100 KG DE CI/M3)	m2	29,367	R\$ 72,62	R\$ 2.132,63
60306	ACO CA-50A - 12,5 MM (1/2") - (OBRAS CIVIS)	kg	46,24	R\$ 11,50	R\$ 531,76
60304	ACO CA-50 A - 8,0 MM (5/16") - (OBRAS CIVIS)	kg	23,7	R\$ 10,66	R\$ 252,64
60314	ACO CA - 60 - 5,0 MM - (OBRAS CIVIS)	kg	5,7	R\$ 11,75	R\$ 66,98
60010	VERGA/CONTRAVERGA EM CONCRETO ARMADO FCK = 20 MPA	m3	0,045	R\$ 2.656,82	R\$ 119,56
261001	PINTURA LATEX ACRILICO 2 DEMÃOS	m2	29,367	R\$ 12,21	R\$ 358,57
261300	EMASSAMENTO COM MASSA PVA DUAS DEMÃOS	m2	29,367	R\$ 12,85	R\$ 377,37
60192	FORMA DE TABUA CINTA/PILAR SOBRE/ENTRE ALVENARIA U=8 VEZES	m2	16,63	R\$ 28,76	R\$ 478,28
60518	PREPARO COM BETONEIRA E TRANSPORTE MANUAL DE CONCRETO FCK=30 MPA	m3	0,79672	R\$ 564,05	R\$ 449,39
200101	CHAPISCO COMUM	m2	29,367	R\$ 6,12	R\$ 179,73
200500	REBOCO PAULISTA A-7 (1 CALH,4 ARMLC)	m2	29,367	R\$ 30,48	R\$ 895,11

Total de material e serviços: R\$ 5.842,00

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Tabela 4.7 - Custos para a construção adotando o tijolo de solo-cimento aparente

Item	Unidade	Quantidade	R\$ / Un	Preço (R\$)
Tijolo de solo-cimento com dois furos 12,5 x 25 x 7 cm	un	1548	R\$ 1,65	R\$ 2.554,20
Canaleta de solo-cimento com dois furos 12,5 x 25 x 7 cm	un	144	R\$ 1,70	R\$ 244,80
Resina Hidrofugante Incolor 18L a base d'água	un	1	R\$ 269,90	R\$ 269,90
Barra de aço CA-50 8.00mm de 12 metros	un	9	R\$ 37,59	R\$ 338,28
Argamassa ACII 20kg	sc	2	R\$ 27,22	R\$ 54,44
Areia Fina	m3	0,09	R\$ 116,25	R\$ 10,46
Pedrisco	m3	0,09	R\$ 152,55	R\$ 13,73
Cimento CP-II F32 50kg	sc	9	R\$ 31,45	R\$ 283,05
Mão de obra (Pedreiro)	h	20	R\$ 25,00	R\$ 498,42
Mão de obra (Servente)	h	20	R\$ 16,25	R\$ 323,97

Total de materiais e serviços: R\$ 4.591,25

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Tabela 4.8 - Custos para a construção adotando o tijolo de solo-cimento revestido em gesso corrido

Item	Unidade	Quantidade	R\$ / Un	Preço (R\$)
Tijolo de solo-cimento com dois furos 12,5 x 25 x 7 cm	un	1548	R\$ 1,65	R\$ 2.554,20
Canaleta de solo-cimento com dois furos 12,5 x 25 x 7 cm	un	144	R\$ 1,70	R\$ 244,80
Resina Hidrofugante Incolor 18L a base d'água	un	1	R\$ 269,90	R\$ 269,90
Barra de aço CA-50 8.00mm de 12 metros	un	9	R\$ 37,59	R\$ 338,28
Argamassa ACII 20kg	sc	2	R\$ 27,22	R\$ 54,44
Areia Fina	m3	0,09	R\$ 116,25	R\$ 10,46
Pedrisco	m3	0,09	R\$ 152,55	R\$ 13,73
Cimento CP-II F32 50kg	sc	9	R\$ 31,45	R\$ 283,05
Gesso Corrido 40kg	sc	3	R\$ 40,72	R\$ 122,16
Lixa massa N100	un	5	R\$ 2,68	R\$ 13,40
Mão de obra (Pedreiro)	h	20	R\$ 25,00	R\$ 498,42
Mão de obra (Servente)	h	20	R\$ 16,25	R\$ 323,97

Total de materiais e serviços: R\$ 4.726,81

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

A partir do comparativo entre as planilhas, observa-se que o custo da obra utilizando tijolos de solo-cimento aparente apresenta uma redução de 21,41% em relação à obra com tijolo cerâmico. Quando o revestimento de gesso é aplicado ao tijolo de solo-cimento, essa redução é de 19,09%.

Uma análise mais detalhada das planilhas revela que os principais pontos de discrepância entre os materiais estão no preço de cada bloco, na quantidade de aço utilizada, na dispensa de formas no método do tijolo de solo-cimento e no custo do revestimento no processo de blocos cerâmicos.

O custo total do tijolo de solo-cimento é 23,81% superior ao preço do bloco cerâmico, uma vez que, além do preço unitário ser maior, são necessárias mais unidades para a execução da alvenaria.

Em relação ao aço utilizado, o bloco cerâmico requer diversos tipos de aço para vergas, contra-vergas, estribos, vigas e pilares, enquanto o tijolo de solo-cimento utiliza predominantemente a barra de aço CA-50 de 8,0 mm. Essa diferença na quantidade de aço resulta em um aumento de 60,27% no custo da obra com bloco cerâmico, quando comparado ao uso do tijolo de solo-cimento.

Quanto às formas, o custo da obra utilizando bloco cerâmico é 8,17% superior ao da obra com tijolo de solo-cimento, uma vez que este último método dispensa o uso de formas na execução da alvenaria.

No que se refere ao revestimento dos blocos, o custo da obra utilizando o bloco cerâmico aumenta em 31,00% devido à necessidade de aplicação de reboco, chapisco, massa corrida e pintura, além dos custos relacionados à mão de obra. Quando comparado ao tijolo de solo-cimento revestido com gesso, o custo do processo de revestimento na obra com bloco cerâmico é 92,51% superior ao custo da obra com tijolo de solo-cimento e revestimento em gesso.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO

Com base na análise dos resultados, conclui-se que o tijolo de solo-cimento atendeu à maioria dos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 8491 – 2013 nos ensaios realizados. No entanto, o teste de resistência à compressão não pôde ser concluído devido à indisponibilidade da prensa na instituição, à falta de alternativas viáveis para a realização do ensaio na cidade e à impossibilidade de buscar opções em outros municípios, considerando o tempo despendido na tentativa de solucionar os problemas técnicos do equipamento. Apesar dessas limitações, os resultados obtidos foram satisfatórios e indicam que, com base na tendência observada, os blocos analisados provavelmente atingiriam a resistência mínima exigida pela norma.

Além disso, o tijolo de solo-cimento demonstrou excelente custo-benefício em comparação ao bloco cerâmico, tanto no modelo aparente quanto no revestido com gesso corrido. Os pontos positivos deste material se destacam, tornando-o uma alternativa viável e atraente para utilização em obras no município de Jataí.

O tijolo de solo-cimento apresenta excelente desempenho energético e ambiental, destacando-se por seu processo de produção que demanda significativamente menos recursos naturais e reduz a emissão de gases poluentes. Em contraste, o bloco cerâmico consome recursos escassos e gera um elevado gasto energético em sua fabricação, reforçando o impacto ambiental negativo desse método construtivo. Além disso, o tijolo de solo-cimento pode ser produzido com a incorporação de resíduos da construção civil, possibilitando a reutilização de materiais que, de outra forma, seriam descartados e poderiam gerar impactos ambientais. Essas características tornam o tijolo de solo-cimento uma alternativa mais sustentável e alinhada às demandas atuais por construções ambientalmente responsáveis.

Outro fator relevante é a alta qualidade dos tijolos de solo-cimento fornecidos na região. Em comparação aos blocos cerâmicos analisados por Peres (2023), os tijolos de solo-cimento apresentaram desempenho superior: todos os blocos foram aprovados nos ensaios, enquanto os blocos cerâmicos fornecidos na região não atenderam aos requisitos da ABNT NBR 17270-1 – 2017. Essa qualidade diferenciada reforça o potencial do tijolo de solo-cimento como uma escolha sustentável e eficiente para construções locais. Comprova-se, portanto, a viabilidade técnico-econômica do tijolo de solo-cimento para a região analisada.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1** - Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2017a. 26 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833** - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2013. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491** - Tijolo de solo-cimento - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2013. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492** - Tijolo de Solo Cimento - Análise Dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2013. 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM-ISO 7500-1** - Materiais metálicos – Calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial – Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/compressão – Calibração do sistema de medição da força. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). EC-4: Solo-cimento na habitação popular. 2 ed. São Paulo, 1987.
- AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Editora Blucher, 2011.
- BARBOSA, Normando Perazzo. Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes. **Coletânea Habitare**, v. 2, p. 12-39, 2003.
- BELLEN, H. M. v.. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2005. 256p.
- CAMPOS, Alessandro; NASCIMENTO, João Batista do; BRITO, Larissa Tessari. Comportamento estrutural de tijolos de solo-cimento utilizando diferentes fontes de água e métodos de cura. **Interações (Campo Grande)**, v. 20, n. 1, p. 283-296, 2019.
- CAMPOS, Roger Francisco Ferreira; WEBER, Eduardo; BORGA, Tiago. Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil. **IGNIS Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo Engenharias e Tecnologia de Informação**, 2017.

CEBRACE - Centro Brasileiro de Construções e Equipamentos Escolares. **Solo cimento na construção de escolas – SC01**. 2ª ed. Rio de Janeiro, MEC/CEBRACE, 1981. 39p. il. (sistemas construtivos 2).

CORDEIRO, Martha Eleonora Venâncio Mignot; CONCEIÇÃO, Patrícia Marluci da; LIMA, Thiago Vicente. **A educação Ambiental e o Uso do Solo-cimento**. Vértices, v. 8, n. 1, p. 35-54, 2010.

COSTA, Bruno Luis de Carvalho. Quantificação das emissões de CO₂ geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil. **Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE**, 2012.

DOS SANTOS, A. F. R. et al. Utilização de resíduos da construção civil em tijolos ecológicos. **Trabalho Interdisciplinar, Administração da Produção II. Associação do Vale do Itajaí Mirim**, 2009.

DOS SANTOS, Wagna Piler Carvalho; SUZART, Vivian Patricia; DA SILVA JÚNIOR, Nelicio Ferreira. Tendências tecnológicas para o processo de preparação de compósito à base de solo-cimento e fibra de bananeira para fabricação de tijolos e tecnologias correlatas através da pesquisa em documentos de patentes. **Cadernos de Prospeção**, v. 6, n. 1, p. 36-36, 2013.

FIAIS, Bruna Barbosa; DE SOUZA, Daniel Sarto. Construção sustentável com tijolo ecológico. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v. 2, n. 1, 2017.

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GOINFRA - Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes. Disponível em: Acesso em: 06 janeiro. 2025.

GODOI, Bruna Canela de Souza. **Requisitos de sustentabilidade para o desenvolvimento de projetos residenciais multifamiliares em São Paulo**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

JORDAN, A. C.; FREITAS, V. A. Aplicações do tijolo ecológico na construção civil. **Etic-encontro de iniciação científica**-ISSN 21-76-8498, v. 14, n. 14, 2018.

LÔBO, Josefa Missiliene Cordeiro et al. Análise mercadológica do tijolo ecológico solo-cimento na Região Metropolitana do Cariri. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e180984966-e180984966, 2020.

MORAIS, Clarina Brito Debus. Tijolo ecológico versus tijolo cerâmico-comparativo de custos: um estudo de caso em Balsas-MA. 2019.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva et al. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **e-xacta**, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014.

OLIVEIRA, Diego Nogueira de. Análise da viabilidade do tijolo ecológico de solo-cimento na construção civil: uma revisão de literatura. 2020.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC).

Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 15 fev. 2025.

PERES, G. C. **Avaliação da qualidade de blocos cerâmicos comercializados em Jataí-go, conforme a NBR 15270 – 1/2017**. 2023. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2023.

REDDY, BV Venkatarama. Pressed soil-cement block: an alternative building material for masonry. **Sustain. Constr**, v. 1, p. 425-433, 1994.

SOUZA, Thiago Augusto Corrêa et al. Análise preliminar da resistência à compressão de tijolos ecológicos fabricados no município de Ipaba. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 3, n. 5, p. 48-61, 2011.

TEIXEIRA, F. de M. et al. O uso de resíduos lignocelulósicos na produção de tijolos de adobe. In: **3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Anais... Bento Gonçalves**, RS–Brasil. 2012.

VASCONCELOS, .; BRITO, .; CARVALHO, .; SILVA, .; FREITAS, . **HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS): USO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO. IMPACT projects**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 87–98, 2022. DOI: 10.59279/impact.v1i2.2083.

Disponível em:

<https://periodicos.unifesspa.edu.br/index.php/impactprojects/article/view/2083>. Acesso em: 14 jan. 2025.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NAAS, I. A. Sustentabilidade na construção civil. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**. 2011. p. 1-10.