XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.9005

Avaliação preliminar da incorporação de escória de alto-forno em blocos de terra comprimida

Preliminary evaluation of the incorporation of blast furnace slag into compressed earth blocks

Antônio Anderson de Castro Leal
UFMS | Campo Grande | Brasil | anderson_leal@ufms.br
Camila Alves de Macedo
UFMS | Campo Grande | Brasil | camila.macedo@ufms.br
Fabiana do Couto Faro
UFMS | Campo Grande | Brasil | fabiana.couto@ufms.br
Karina Trevisan Latosinski
UFMS | Campo Grande | Brasil | karina.latosinski@ufms.br

Resumo

Na busca por menor impacto ambiental no setor da construção civil, o uso de estratégias associadas à sustentabilidade é vital. Por isso, o presente estudo avaliou preliminarmente a incorporação de escória de alto-forno em blocos de terra comprimida (BTC), visando reduzir o consumo de cimento Portland e analisar o comportamento dos blocos quanto à absorção de água e integridade visual. Também foram avaliadas composições contendo cal hidratada e hidróxido de sódio como ligante alternativo. A moldagem das misturas foi realizada em prensa manual em pequena escala utilizando escória de alto-forno obtida diretamente da siderúrgica. Os resultados desse estudo demonstraram que os maiores teores do resíduo indicam melhores comportamentos quanto ao índice de absorção de água e que a mistura envolvendo hidróxido de sódio necessita de maior aprimoramento quanto a ação da água para uso em alvenarias.

Palavras-chave: BTC. Solo-cimento. Sustentabilidade. Alvenaria de blocos.

Abstract

In the quest to reduce the environmental impact of the construction industry, the use of sustainability-related strategies is vital. Therefore, this study conducted a preliminary evaluation of the incorporation of blast furnace slag into compressed earth blocks (CEB), with the aim of reducing Portland cement consumption and analyzing the blocks' behavior in terms of water absorption and visual integrity. Compositions containing hydrated lime and sodium hydroxide as alternative binders were also evaluated. The mixtures were molded using a small-scale manual press with blast furnace slag obtained directly from the steel mill. The results of this preliminary study demonstrated that higher levels of the waste indicate better performance regarding water absorption and that the mixture involving sodium hydroxide requires further improvement regarding water resistance for use in masonry.

Keywords: CEB. Soil-cement. Sustainability. Masonry.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.9005

INTRODUÇÃO

A arquitetura de terra tem sido retomada contemporaneamente em função do seu apelo sustentável, baixo consumo energético e possibilidade de utilização de materiais locais. Entretanto, conforme destaca Vieira [1], técnicas construtivas com terra crua ainda carregam no Brasil um histórico de preconceito associado à precariedade construtiva e à baixa tecnologia, fator que contribuiu para a rejeição dessas técnicas ao longo do processo de industrialização da construção civil. Entre as diferentes técnicas construtivas em terra, destaca-se o BTC, produzido por compressão mecânica do solo sem necessidade de queima. Segundo Nshimiyimana *et al.* [2], esse componente é frequentemente associado, pela população, à baixa durabilidade construtiva.

Minke [3] destaca que técnicas de terra podem adaptar-se às especificidades culturais, climáticas e territoriais de cada região, incorporando materiais diversos. Segundo Neves e Faria [4] o desenvolvimento contemporâneo dessas técnicas está associado tanto à modernização tecnológica quanto às investigações científicas voltadas à melhoria do desempenho das construções em terra, considerando fatores econômicos, ambientais e socioculturais.

A escória granulada de alto-forno apresenta potencial de aplicação devido às suas propriedades hidráulicas e elevado teor de silicatos e aluminatos de cálcio. Durante a produção siderúrgica, o tipo de resfriamento da escória determina suas propriedades finais: quando resfriada rapidamente com água, forma-se um material amorfo e potencialmente reativo, capaz de atuar como material ligante após moagem fina [5]. Essas características podem favorecer reações cimentantes secundárias capazes de contribuir para a redução da porosidade e melhoria da estabilidade dos BTCs estabilizados.

Estudos recentes demonstram resultados promissores da utilização de escória em misturas aplicadas aos BTCs, bem como o uso de ligantes alternativos para reduzir impactos ambientais associados ao uso do cimento Portland. Hany *et al.* [6] identificaram que composições contendo solo, escória e ativador alcalino atingiram resistências mecânicas da ordem de 8 MPa. Os autores observaram ainda que adições fibrosas, como cinza de casca de arroz e de poliestireno, influenciaram diretamente o comportamento mecânico e a absorção de água das amostras.

No contexto regional da presente pesquisa, considerando a existência de grandes volumes de escória de alto forno, caracterizada como resíduo na produção do ferro gusa no município de Corumbá/MS, distante 427 Km de Campo Grande/MS (local de realização da pesquisa experimental), torna-se importante avaliar a incorporação desse material às misturas de terra para a elaboração de BTCs.

Além da pertinência ambiental relacionada ao aproveitamento de resíduos siderúrgicos, a utilização de BTCs estabilizados é também relevante para processos participativos de autoconstrução e mutirão, especialmente em comunidades que já dispõem de infraestrutura básica de produção, como prensas manuais [3]. Nesse contexto, parâmetros relacionados à absorção de água estão diretamente associados à durabilidade inicial dos blocos e à sua resistência frente à umidade e intempéries e não exigem forte aparato laboratorial para avaliação. Assim, o presente estudo busca

avaliar preliminarmente a influência da incorporação de escória granulada de alto-forno em traços de BTC produzidos com prensa manual, analisando os valores de absorção de água e a integridade dimensional das composições desenvolvidas com potencial de aplicação em processos participativos de construção futuros.

REFERENCIAL TEÓRICO

A absorção de água constitui um dos principais parâmetros tecnológicos associados ao desempenho e à durabilidade de BTCs estabilizados, uma vez que está diretamente relacionada à porosidade, à compactação das partículas e à conectividade dos vazios da matriz. Elevados índices de absorção tendem a indicar maior permeabilidade e suscetibilidade à degradação por umidade, comprometendo a estabilidade dimensional e a resistência mecânica dos blocos ao longo do tempo [7][8].

Diferentes estudos demonstram que a incorporação de ligantes suplementares e resíduos pozolânicos pode promover redução da absorção devido ao preenchimento de vazios e à formação de produtos cimentantes secundários, contribuindo para matrizes mais densas e menos permeáveis [9]. Assim, a análise da absorção de água em BTCs estabilizados com escória de alto-forno permite inferir aspectos relacionados à durabilidade e ao potencial de aplicação construtiva das composições desenvolvidas.

O Quadro 1 lista alguns estudos que empregaram materiais alterativos ao solo-cimento para a fabricação de BTCs e os respectivos índices de absorção por imersão identificados.

Quadro 1: Índices de absorção identificados

Material alternativo	**Característica do solo e do aglomerante**	**Índice de absorção de água (%) em 24h**	**Referência**
Escória de alto forno	Solo argiloso; NaOH e CH	13,3 - 13,5	Gonçalves, Balestra e Gil, 2023 [10]
Resíduo cimentício	Solo argiloso; CP	18,8 – 21,5	Cruz et al., 2022 [11]
Cinza de Bagaço de Cana-de-açúcar;	Solo argiloso; CPV-Ari;	18,28 – 22,86	Antonelli e Azambuja, 2021 [12]
Resíduo cimentício	Solo arenoso; CP	18,8 – 21,5	Azevedo, 2021 [13]
PCM - parafina	Solo arenoso; CP	21,0 – 26,0 (±)	Cunha *et al*., 2022 [14]
Resíduo de Argamassa de assentamento e revestimento	Solo argiloso; CP II-Z-32;	18,74 – 22,97	Rocha, 2013 [15]
Legenda: CH: Cal Hidratada; CP: Cimento Portland; PCM: Material de mudança de fase			

Fonte: os autores.

Embora diferentes resíduos apresentem potencial de incorporação em BTCs, observa-se que os menores índices de absorção tendem a ocorrer em composições contendo materiais com maior potencial cimentante ou ativação alcalina, como escória de alto-forno e resíduos cimentícios. Em contrapartida, misturas contendo materiais inertes ou de menor reatividade frequentemente apresentam maiores índices de absorção, indicando menor capacidade de preenchimento dos vazios internos da matriz

compactada. Além disso, os resultados variam significativamente em função da granulometria e mineralogia do solo, bem como da energia de compactação empregada na moldagem dos blocos.

Maiores densidades aparentes tendem a favorecer menores índices de absorção em BTCs, comportamento associado à redução da porosidade e à maior compactação da matriz [12]. Isso reflete em valores consistentes de resistência mecânica, tal como Gonçalves, Balestra e Gil [10] observaram em BTCs contendo escória granulada de alto-forno que apresentaram simultaneamente desempenho mecânico satisfatório (3,6MPa) e redução dos índices de absorção, indicando potencial de aplicação do resíduo como material estabilizante alternativo ao cimento Portland.

Assim, a avaliação da absorção de água apresenta ainda relevância prática por constituir um ensaio simplificado, amplamente empregado em estudos envolvendo BTCs estabilizados e diretamente associado ao desempenho prático das amostras frente à umidade e intempéries a que uma parede está submetida.

ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A pesquisa segue predominantemente o desenvolvimento experimental, embasando-se na revisão bibliográfica para discussão dos resultados obtidos.

MATERIAIS

O solo empregado no experimento é proveniente do município de Campo Grande/MS, extraído de jazida comercial e apresenta a seguinte caracterização básica, Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização do solo

Parâmetro	Identificado	Referência
Massa específica dos grãos do solo	2,741 g/cm^3	ABNT NBR 6458/2025 [16]
Classificação da amostra	Pedregulho 0% Areia 83,64% Silte 4,36% Argila 12,0%	ABNT NBR 6502/1995 [17]
Limite de liquidez	18%	ABNT NBR 6459/2025 [18]
Limite de plasticidade	NP	ABNT NBR 7180/2025[19]

Fonte: LATRAN – Laboratório de Transportes UFMS adaptado

Pela classificação adotada pela AASHTO, o solo é identificado como siltoso à areia siltosa, incluindo 35% ou menos, passando pela peneira nº 200.

A escória de alto forno foi obtida diretamente com a siderúrgica no município de Corumbá/MS na forma granulada após resfriamento rápido. Depois da coleta, o material passou por cominuição em moinho horizontal de bolas em ciclos de 1:30h até a obtenção da granulometria passante na peneira de abertura 0,7 mm e estocado em recipiente vedado. Por fluorescência de raios X (FRX) identificou-se o predomínio de CaO, SiO_2 e Al_2O_3 na composição do resíduo, que juntos chegam a cerca de 90% da composição de óxidos do material.

Como aglomerante nas misturas foram utilizados cimento Portland, tipo CP II e cal hidratada tipo CH III. A hidratação foi realizada diretamente com água fornecida pela

concessionária local. O hidróxido de sódio testado foi de uso comercial, disponibilizado em lascas com 96-98% de pureza.

MÉTODOS

Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Inicialmente, o solo foi seco em estufa à 100°C e reservado. Todos os materiais foram pesados de acordo com as composições de traços previamente estabelecidas considerando principalmente a redução do uso de cimento Portland e o incremento de uso do resíduo regional. A dosagem dos traços estudados é descrita na Tabela 2.

Tabela 2: Composição dos traços avaliados

Identificação	Solo (g)	Cimento (g)	Cal hidratada (g)	Escória (g)	Água (g)
A	2500	350	-	-	300
B	3500	672	-	770	550
C	2722	-	388	388	350
D	3500	-	525	280	500
E	3500	175	350	175	500

Fonte: os autores.

Adicionalmente, um traço foi avaliado contendo hidróxido de sódio como ativador alcalino em substituição aos aglomerantes tradicionais. Quando empregado, foi previamente diluído em água até atingir a temperatura ambiente e posteriormente misturado aos materiais secos nas seguintes proporções: 2500g de solo; 375g de escória e 125g de NaOH.

Os materiais foram misturados manualmente em recipientes de 12L de volume com auxílio de colher de pedreiro por aproximadamente 3 minutos até a homogeneização visual total dos itens secos. Após esse procedimento, o líquido foi incorporado até a obtenção de uma mistura homogênea do tipo “farofa” - seca e granular.

Junto a prensa manual, que conforma blocos duplamente perfurados verticalmente de tamanho 12,5 x 25 x 6,25cm, a mistura foi lançada e posteriormente comprimida. Considerando o caráter preliminar e participativo do experimento, não foi realizado controle rigoroso da energia de compactação empregada na moldagem

Após o bloco ser ejetado da prensa, foi acondicionado para ser seco à sombra em ambiente ventilado por 07 dias com ciclos de molhagem nos três primeiros dias.

Conforme a NBR 8492:2012 - Tijolo de solo-cimento, análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água [20], foram identificados o percentual de absorção da água e a massa específica aparente seca. Para isso, um bloco de cada traço foi seco em estufa à 100°C até a constância de massa e posteriormente pesado. Após os blocos atingirem a temperatura ambiente, foram imersos em água por 24h e na sequência novamente pesados para a obtenção dos percentuais.

Após o período de cura, os blocos foram submetidos à inspeção visual e ao registro fotográfico, com o objetivo de avaliar qualitativamente aspectos relacionados à integridade física das amostras, tais como presença de fissuras, desagregações, deformações volumétricas e irregularidades superficiais. Adicionalmente, foram

observadas características estéticas associadas à coloração e à homogeneidade visual das composições produzidas.
Considerando o caráter exploratório e preliminar da pesquisa, os ensaios foram conduzidos em pequena escala visando identificar tendências iniciais de comportamento das composições produzidas

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ÍNDICE DE ABSORÇÃO E MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA

Considerando que a absorção de água é frequentemente utilizada como indicador indireto de durabilidade, os percentuais obtidos variaram de 14 a 17,2%, conforme a Tabela 3. Salienta-se que a amostra D não se manteve íntegra até o final do ensaio, demonstrando a fragilidade do traço elaborado.

Tabela 3: Índice de absorção de água obtido

Identificação	Coeficiente de absorção (%)	Massa esp. aparente. Seca (g/cm^3)
A	14	1,71
B	13,3	1,73
C	17,2	1,74
D	—	1,73
E	16,4	1,81

Fonte: os autores.

Todos os valores de absorção permaneceram abaixo do limite usualmente aceito para BTCs de solo-cimento que é de 20%. Os índices de absorção obtidos mostraram-se inferiores ou próximos aos valores observados em outros estudos envolvendo BTCs estabilizados com resíduos cimentícios e materiais pozolânicos, conforme apresentado no Quadro 1.
O traço B apresentou o menor índice de absorção associado, indicando comportamento mais favorável quanto à redução da permeabilidade e à estabilidade frente à ação da água. Resultados semelhantes foram observados por Antonelli e Azambuja [12] que relacionaram menores índices de absorção à redução da conectividade dos vazios internos da matriz compactada. O traço B possui maior adição de escória junto ao cimento, indicando adequação ao uso do resíduo. Esse comportamento observado pode estar associado ao efeito de preenchimento promovido pelas partículas finas da escória moída, contribuindo para redução parcial dos vazios internos da matriz compactada.
O traço E apresentou a maior massa específica aparente seca (1,81 g/cm³), porém sem redução proporcional da absorção de água, sugerindo que maiores densidades aparentes não implicam necessariamente em menor permeabilidade. Esse comportamento pode estar associado à heterogeneidade interna da matriz e à distribuição dos vazios formados durante a compactação manual. Deve-se considerar que a prensa manual varia energia de compactação podendo contribuir para maior variabilidade das amostras, influenciando diretamente a distribuição dos vazios e o comportamento de absorção. Tal questão é importante ser considerada na aplicação desse elemento como tecnologia social.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.9005

AVALIAÇÃO VISUAL DOS BTCs

Os BTCs elaborados com ativadores alcalinos após a exposição à cura úmida em ambiente aberto sofreram desplacamento, Figura 1.

Figura 1: BTC moldados com NaOH e escória de alto-forno junto ao solo. Registro após a moldagem (à esquerda); registro após 7 dias (à direita)



Fonte: os autores.

Tais BTCs apresentaram alterações importantes: verificou-se ocorrência de eflorescência superficial, desplacamentos localizados e perda parcial de integridade física das amostras, indicando elevada sensibilidade à umidade e baixa estabilidade inicial da composição desenvolvida. Esse comportamento sugere que a formulação contendo hidróxido de sódio e escória de alto-forno ainda demanda ajustes quanto às proporções dos materiais e às condições de cura para aplicação em componentes construtivos submetidos à ação da água.

Em contrapartida, os BTCs estabilizados com cimento Portland e cal hidratada apresentaram manutenção da integridade dimensional após a cura, conforme demonstrado na Figura 2. Observou-se nenhuma ocorrência de desagregações aparentes e melhor estabilidade visual das arestas desses blocos, indicando comportamento físico mais adequado para aplicações em alvenaria de vedação.

Figura 2: Aspecto visual dos BTCs estabilizados após o período de cura.



Fonte: os autores.

Os resultados visuais observados não indicam perda de integridade dimensional. Ainda, o traço B, com maior incorporação de escória de alto-forno não apresenta variações de coloração que comprometam a sua aplicação. O traço D apresentou o comportamento mais crítico entre as composições avaliadas e a coloração mais clara entre as amostras. Nesse traço observou-se perda de integridade física durante os ensaios, além fragilidade superficial e desagregação parcial da matriz compactada. Isso demonstra que a formulação baseada somente na cal hidratada como aglomerante,

como esperado, apontou maior lentidão para endurecimento gerando menor estabilidade em comparação com os outros traços.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos indicam que a incorporação de escória de alto-forno em blocos de terra comprimida apresenta potencial de aplicação em composições estabilizadas voltadas à construção sustentável. Os traços contendo cimento Portland associado à escória apresentaram os menores índices de absorção de água e melhor estabilidade física inicial, demonstrando comportamento compatível com parâmetros normalmente aceitos para BTCs. Em contrapartida, as formulações contendo hidróxido de sódio apresentaram elevada sensibilidade à umidade e perda de integridade superficial, indicando necessidade de aprimoramento das proporções e condições de cura para aplicações construtivas futuras.

A análise visual dos blocos corroborou os resultados obtidos nos ensaios de absorção, e observou-se, ainda, que maiores massas específicas aparentes não resultaram necessariamente em menores índices de absorção, indicando que fatores relacionados à heterogeneidade interna da matriz também influenciam diretamente o desempenho dos BTCs produzidos com compactação manual.

Além da pertinência ambiental associada ao aproveitamento de resíduos siderúrgicos regionais e à redução parcial do consumo de cimento Portland, os resultados demonstram potencial de aplicação dos BTCs em processos participativos de autoconstrução e mutirão, especialmente em comunidades que já dispõem de infraestrutura simplificada de produção, como prensas manuais. Nesse contexto, a utilização de materiais locais e resíduos industriais pode contribuir para estratégias construtivas de baixa complexidade tecnológica e menor impacto ambiental. Para pesquisas futuras, recomenda-se a ampliação do número de amostras para tratamento estatístico e a realização de ensaios complementares relacionados à resistência mecânica, durabilidade e desempenho das alvenarias executadas com os blocos produzidos.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] VIEIRA, C. **Habitus e habitação**: a precarização ideológica da taipa de sebe no Brasil. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia. Salvador/BR, 2017.

[2] NSHIMIYIMANA, P; MESSAN, A.; COURARD, L. Hydric and durability performances of compressed earth blocks stabilized with industrial and Agro By-Product Binders: Calcium Carbide Reside and Rice Husk Ash. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 33, n. 6, 2021. DOI: http://doi-org.ez51.periodicos.capes.gov.br/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003745.

[3] MINKE, G. **Paredes e rebocos de terra**: sistemas, execução, orientações práticas. São Carlos: RiMa Editora, 2019. 79p. ISBN 9786580035106.

[4] NEVES, C.; FARIA, O. (Org). **Técnicas de construcción com tierra.** Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. 79p. Disponível em: https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/05/4a_PP-Tecnicas-de-construccion-con-tierra_2011.pdf. Acesso em: jun. 2022.

[5] YAO, Y.; Wang, Y.; Wei, Q.; Cui, S.; Hao, L. Effect of the Formation of Amorphous Networks on the Structure and Hydration Characteristics of Granulated Blast Furnace Slag. **Materials***, v.* 13, n.6, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ma13061462. Acesso em: jun 2024.

[6] HANY, E.; FOUAD, N.; ABEL-WAHAB, M.; SADEK, E. Investigating the mechanical and thermal properties of compressed earth bricks made by eco-friendly stabilization materials as partial or full replacement of cement. **Construction and Building Materials**, v. 281, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122535

[7] FERNANDO, S.; GUNASEKARA, C.; LAW, D; SETUNGE, S.; DISSANAYAKE, R. Engineering properties of waste-based alkali activated concrete brick containing low calcium fly ash and rice husk ash: A comparison with traditional Portland cement concrete brick. **Journal of Building Engineering**, v.46, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103810.

[8] PACHECO-TORGAL, F.; EIRES, R.; JALALI, S. **Construção do terreno**. Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2009. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/55628428.pdf

[9] CATAURO, M.; PAPALE, F.; LAMANNA, G.; BOLLINO, F. Geopolymer/PEG Hybrid Materials Synthesis and Investigation of the Polymer Influence on Microstructure and Mechanical Behavior. **Materials Research**, v.18, n. 4, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1516-1439.342814.

[10] GONÇALVES, L.; BALESRA, C.; GIL, M. Evaluation of mechanical, physical and chemical properties of ecological modular soil-alkali activated bricks without Portland cement. **Environmental Development**, v.48, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100932.

[11] CRUZ, R.; AZEVEDO, B.; BOGAS, J.; REAL, S. Resistência à água de blocos de terra comprimida estabilizados com cimento reciclado termoativado. **Anais...**: Congresso Construção, 2022, Guimarães, Portugal.

[12] ANTONELLI, J. AZAMBUJA, M. Avaliação da absorção de água em blocos de terra comprimida estabilizados com cinza de bagaço de cana-de-açúcar em substituição parcial ao cimento Portland. **Revista Latino-americana de Ambiente Construído & Sustentabilidade**, v.2, n.8, 2021.

[13] AZEVEDO, B. **Blocos de terra comprimida estabilizados com cimento reciclado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Lisboa, Portugal, 2021.

[14] CUNHA, S.; CAMPOS, A.; AGUIAR, J.; MARTINS, F. Blocos de terra compactada aditivados com Material de Mudança de Fase. **Revista Matéria**, v.27, n 2, 2022. DOI: http://10.1590/S1517-707620220002.1321

[15] LIMA, F. **Blocos de terra compactada de solo-cimento com resíduo de argamassa de assentamento e revestimento: caracterização para uso em edificações**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458:** Determinação da massa específica dos sólidos, da massa específica aparente e da absorção de água da fração retida na peneira com abertura de 2,0mm. Rio de Janeiro, 2025.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Solos e rochas: terminologia. Rio de Janeiro, 2022.

[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459.** Solos — Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2025

[19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR7180**. Solos — Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2025

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492**. Tijolo de solo-cimento, análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2012.