ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

# ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE PRISMAS DE ALVENARIA CONFECCIONADOS COM TIJOLOS MODULARES DE SOLO-CIMENTO-RCD

## Analysis of the behavior of masonry prisms made with modular soil-cement-CDW bricks

**Fernanda Assunção Valim**
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | feravalim@gmail.com

**White José dos Santos**
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | whitejsantos@gmail.com

**Nelci Helena Maia Gutierrez**
Universidade Estadual de Maringá | Maringá, Paraná | nhmgutierrez@uem.br

**Leonardo Martins e Silva**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Apucarana, Paraná | leonardomartinsesilva@gmail.com

**Katia Cristina Zanatta**
Universidade Federal da Grande Dourados | Dourado, Mato Grosso do Sul | katiazanatta@yahoo.com.br

### Resumo

*Nesta pesquisa investigou-se a resistência à compressão e o módulo de elasticidade de prismas confeccionados com tijolos vazados de solo-cimento-RCD (50%-10%-50%, em massa), com idade avançada (530 dias), unidos por uma junta de argamassa de assentamento convencional de 5 mm. Realizou-se a caracterização do solo e da mistura do Solo-Cimento-RCD. Avaliou-se a resistência à compressão, módulo de elasticidade e o modo de falha dos prismas. O fator de eficiência dos prismas foi de 57%, valor esperado e condizente com outros autores. O modo de falha observado foi de tração nos tijolos e posterior propagação de trincas nas juntas, apresentando comportamento similar a materiais de ruptura frágil. As equações propostas pela normalização brasileira para tijolos de concreto foram as que obtiveram maior proximidade com os valores encontrados nessa pesquisa. Ressalta-se, contudo, que o comportamento mecânico desse tipo de alvenaria precisa, ainda, ser melhor estudado.*

**Palavras-chave:** Comportamento mecânico de alvenaria; Resíduo da construção civil; Alvenaria com tijolo de solo-cimento; Tijolos solo-cimento e RCD, Prismas de solo-cimento.

### Abstract

*In this research, the compressive strength and modulus of elasticity of prisms made with hollow soil-CDW-cement bricks (50%-10%-50%, by mass), aged (530 days), joined by a 5 mm conventional laying mortar joint. The characterization of the soil and the mixture of Soil-Cement-CDW was carried out. Compressive strength, modulus of elasticity and failure mode of the prisms were evaluated. The efficiency factor of the prisms was 57%, an expected value consistent with other authors. The failure mode observed was traction in the bricks and subsequent propagation of cracks in the joints, presenting behavior similar to brittle rupture materials. The equations proposed by the Brazilian normalization for concrete bricks were the ones that were closest to the values found in this research. It should be noted, however, that the mechanical behavior of this type of masonry still needs to be better studied.*

**Keywords:** Mechanical behaviour of masonry; Construction waste; Masonry with soil-cement brick; Soil-cement bricks and CDW, Soil-cement prisms.

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, várias pesquisas têm sido realizadas no intuito de comprovar o potencial da incorporação de resíduos em blocos e tijolos de solo-cimento de forma a melhorar seu comportamento mecânico, durabilidade (NASCIMENTO *et al*., 2021; NADIA, 2023; DHANJODE, 2022; BARROS, *et al*., 2020; VILELA, *et al*., 2020) e até mesmo seu comportamento térmico (HANY *et al*., 2021; MUÑOZ *et al*., 2020).

Estes estudos têm demonstrado a viabilidade da substituição de parte do solo destes tijolos por resíduos de construção e demolição (RCD) (KONGKAJUN *et al*., 2020; SECO, 2018, ABHILASH, *et al*., 2020; MALKANTHI, WICKRAMASINGLE, PEREIRA, 2021), com o intuito de diminuir o acúmulo de resíduos gerados, que em sua grande maioria são descartados inadequadamente, acarretando problemas de cunho ambiental. Porém, esses estudos analisaram prismas de pouca idade submetidos à carga de compressão, não sendo relatadas análises detalhadas do seu comportamento estrutural com idade mais avançada.

Neste contexto, este trabalho visa estudar o comportamento mecânico e a sistemática de ruptura em prismas de alvenaria de tijolos de solo-cimento com o reaproveitamento parcial de RCD e com idade de 530 dias em complemento aos estudos feitos por Zanatta (2015), que analisou os mesmos prismas com idade de 50 dias.

# 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo consistiu em ensaios de compressão em prismas confeccionados com tijolos vazados, resultantes da mistura de solo, cimento e resíduo de construção e demolição (RCD). O solo utilizado, nativo da cidade de Caarapó-MS, possui perfil característico de Latossolo Vermelho Distrófico, de textura média, classificado como Areia Argilosa pela NBR 6502 (ABNT, 1995). O resíduo, classe A (CONAMA nº 307, 2002), coletado em uma Usina de Beneficiamento de Resíduos de Construção localizada no Município de Dourados-MS, foi proveniente do processo de britagem e peneiramento na malha de 4,8 mm, composto por restos de materiais cerâmicos, argamassas e concreto, de coloração avermelhada, classificado pela NBR 6502 (ABNT,1995) como Areia Siltosa com Pedregulho. O cimento utilizado foi o CP II Z-32, segundo a NBR 16697 (ABNT, 2018). A caracterização do solo e da mistura do Solo-Cimento-RCD utilizados na fabricação dos tijolos foi realizada em conformidade com as normas: NBR 6457 (2016); NBR 6508 (ABNT, 1984); NBR 7181 (ABNT, 1984); NBR 6459 (ABNT, 1984); NBR 7180 (ABNT, 1988); NBR 7182 (ABNT, 1988); NBR 12023 (ABNT, 2012), sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1**: Características do solo, RCD e SC10%R50%

| Características | | Solo | RCD | SC10%R50% |
|---|---|---|---|---|
| Distribuição de tamanho de partícula | Material < 4,8 mm (%) | 100 | 100 | 100 |
| | Material < 0,075 mm (%) | 25 | 12 | 18 |
| | Material > 2,0 mm - Pedregulho (%) | 0 | 14 | 8 |
| | Material 0,06 - 2,0 mm - Areia (%) | 77 | 76 | 75 |
| | Material 0,002 - 0,06 mm - Silte (%) | 5 | 7 | 11 |
| | Material < 0,002 mm - Argila (%) | 18 | 3 | 6 |
| Limites de consistência | Limite de Liquidez - LL (%) | 20 | NP | NP |
| | Limite de Plasticidade - LP (%) | 14 | | |
| | Índice de Plasticidade - IP (%) | 6 | | |
| Massa específica real (kg/dm³) | | 2,75 | 2,72 | 2,73 |

Os tijolos foram produzidos em prensa hidráulica, nas proporções de 50% de solo e 50% de resíduo (RCD), com 10% de cimento em relação a massa seca da mistura solo-RCD, seguindo as recomendações de Zanatta (2015). Os tijolos possuem dimensão de 250,37 mm de comprimento, 126,10 mm de largura e 65,89 mm de altura, área bruta nominal da face de assentamento é de 315,72 cm² e a área líquida é igual a 261,07 cm², correspondente a 83% da área bruta, sendo considerados vazados. A resistência à compressão dos tijolos aos 530 dias foi de 2,81 MPa.

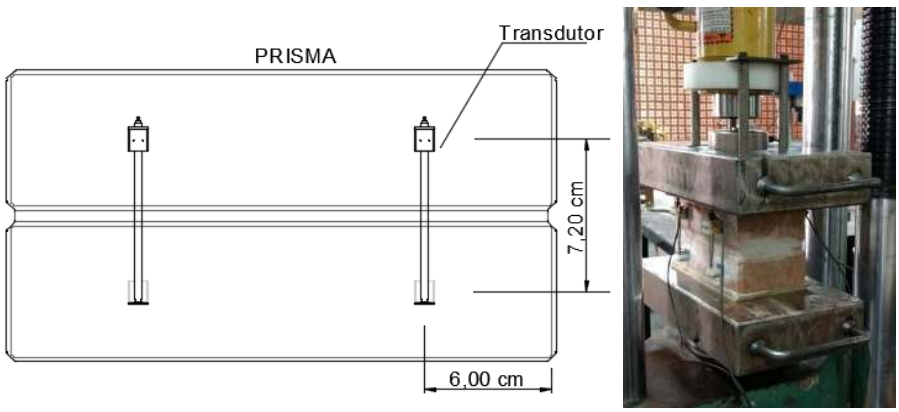
A cal usada foi a CH III (NBR 7175, ABNT 2003). A areia empregada, procedente da jazida de Porto São José - PR, possui modulo de finura de 1,61, dimensão máxima característica de 0,6 mm, massa específica real de 2,65 kg/dm³, massa unitária de 1,46 kg/dm³ e massa unitária compactada de 1,60 kg/dm (NBR 7211, ABNT 2009; NBR NM 52, ABNT 2009). Utilizou-se uma argamassa com resistência à compressão maior que a dos tijolos, com 2,90±0,20 MPa, analisada segundo a NBR 13279 (ABNT, 2016), e em conformidade com o aconselhado por Parsekian, Hamid e Drysdale (2013), Mohamad *et al.* (2017) e NBR 16868 – 1 (ABNT, 2020), com proporções (cimento: cal: areia), em massa, de 1: 0,632: 6,308, respectivamente. A relação da resistência

à compressão da argamassa e a resistência à compressão da unidade, medida na área líquida ($f_{m,cub}/f_{b,liq}$)) foi de 1,032.

Utilizou-se para a confecção dos prismas, bem como para a realização dos ensaios, as recomendações da NBR 15961-2 (ABNT, 2011) e da NBR 15812-2 (ABNT, 2010) referentes a alvenaria estrutural com blocos de concreto ou cerâmicos. Foram confeccionados seis prismas, formados pela sobreposição de dois tijolos, molhados de antemão e assentados em uma camada de 5 mm de argamassa de cimento e capeados para o ensaio de resistência à compressão, com uma camada de 2 mm de enxofre. Os experimentos foram realizados de acordo com as prescrições da NBR 15961-2 (ABNT, 2011), optando-se por não efetuar descarga do carregamento.

Para a medida dos deslocamentos foram utilizados quatro transdutores de deslocamento variável linear indutivo (LVDT) com sensibilidade de 0,001 mm, esquematizados conforme ilustrado na Figura 1a. Após instalação dos LVDT's, os prismas foram alocados em uma prensa universal de ensaios modelo MVE–100. Para aplicação da carga foi utilizado um macaco hidráulico manual de aço modelo P80, com capacidade de 20 toneladas. Foram adicionadas duas chapas de aço, posicionadas uma na parte superior do prisma e outra na parte inferior do mesmo, de 80 mm de espessura, como sugerido por Mohamad (2007). As cargas foram medidas por meio de uma célula de carga com capacidade de 10 tf (Figura 1b). O modulo de elasticidade ($E_P$), foi determinado no intervalo correspondente à curva secante entre 5% e 30% da tensão de ruptura do prisma (NBR 15961-2, ABNT 2011).

**Figura 1**: Experimentação dos prismas.




a. Posição dos transdutores b. Esquema do ensaio

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A resistência à compressão média dos prismas aos 530 dias foi de 1,56 ± 0,06 MPa. Conforme resultados das curvas de resistência à compressão versus deformação dos prismas apresentados na Figura 2. O fator de eficiência ($f_{pmédio}/f_{tijolo}$) foi de 56,6%, valores próximos aos encontrados por Reddy e Gupta (2008) e Jabri *et al.* (2022). Percebe-se que o solo-cimento-RCD comporta-se como um material frágil, ou seja, apresenta pouca deformação antes do seu rompimento. Constatou-se que a perda de rigidez pode ser gerada por: propagações de fissuras internas, esmagamento localizado nas juntas horizontais e verticais e/ou abertura da junta vertical da argamassa na interface com o tijolo.

Um valor similar ao encontrado através da equação proposta pelas normas EN 1052-1 (BS, 1999) e Eurocode 6 (2005), e por Kaushik *et al.* (2007) (Figura 3). Percebeu-se que as normas brasileiras NBR 15961-1 (ABNT, 2011), NBR 15812-1 (ABNT, 2010), NBR 10837 (ABNT, 1989) e NBR 16868-1 (ABNT, 2020) subestimaram a tensão última de ruptura e os autores Lumantarna *et al.* (2014), Kumanat *et al.* (2016) e Nalon *et al.* (2019) a sobrestimaram. Ressalta-se que as normas são relativas à alvenaria com blocos cerâmicos e de concreto. Logo, deve-se atentar que o comportamento dos tijolos de solo-cimento-RCD tendem a apresentar valores um pouco diferentes dos convencionais.

**Figura 2:** Resistência à compressão x deformação dos prismas

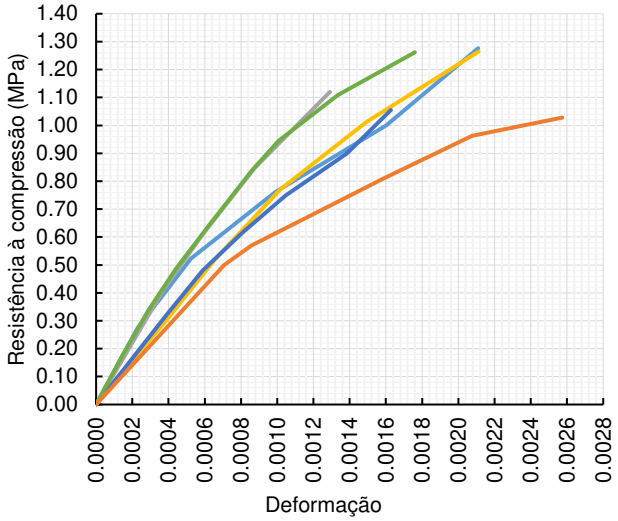
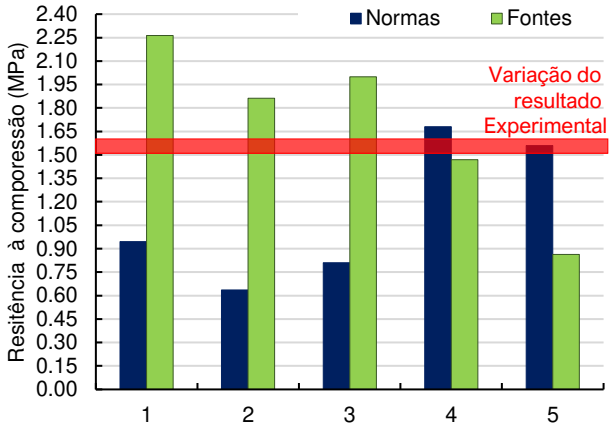



**Figura 3:** Comparação da resistência à compressão dos prismas em relação a diferentes normas e autores.




Fonte: 1 - NBR 15812-1 (ABNT, 2010); 2 - (ABNT, 1989); 3 - NBR 16868-1 (ABNT, 2020); 4 - EN 1052-1 (BS, 1999); 5 - Eurocode 6 (2005)) (1 - Lumantarna *et al.* (2014); 2 - Kumanat *et al.* (2016); 3 - Nalon *et al.* (2019); 4 - Kaushik *et al.* (2007); 5 - Thamboo, Dhanasekar (2019).

O módulo de elasticidade dos prismas alcançou média de 1,017 ± 0,127 GPa. Várias normas e autores (EN 1996-1-1, 2005; NBR 15961-1, ABNT 2011; NBR 15812-1, ABNT 2010; NBR 16868-1, ABNT 2020; NBR 16868-1, ABNT 2020; S304, CSA 2014) correlacionaram o módulo de elasticidade ($E_p$) da alvenaria com sua resistência à compressão ($f_p$), de acordo com a Equação 1.

$$\boldsymbol{E_m = a \,.\, f_m{}^{b}} \quad (1)$$

Na literatura, verifica-se uma grande variedade nos valores dos coeficientes a e b. Fazendo-se a relação do módulo de elasticidade médio com a resistência característica dos prismas, foi possível encontrar a equação que descreveu, de forma mais satisfatória, o valor do módulo de elasticidade da alvenaria de solo-cimento-RCD em função da resistência característica dos prismas ($f_{pk}$) (Equação 2).

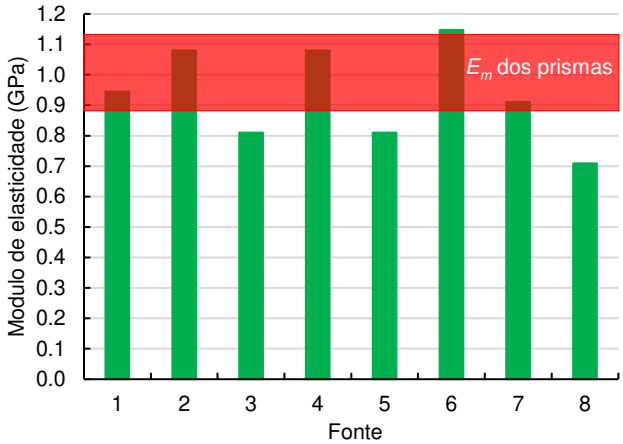
$$E_m = 753 \,.\, f_{pk} \quad (2)$$

Onde: $E_m$ = módulo de elasticidade da alvenaria de solo-cimento-RCD;
$f_{pk}$ = resistência característica de compressão simples do prisma.

Ou seja, coeficientes "$\alpha$" igual a 753 e "$b$" igual a 1. Com os resultados obtidos para a resistência à compressão característica dos prismas, calculou-se o módulo de elasticidade da alvenaria, usando as equações propostas por algumas normativas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Percebe-se que, o valor que mais se aproximou foi a equação proposta pela NBR 15961-1 (ABNT 2011), de alvenaria estrutural de blocos de

concreto, e NBR 16868-1 (ABNT, 2020). Similar ao encontrado por Morel *et al.* (2013), que afirma que, o cimento confere rigidez ao solo e comportamento de materiais frágeis, similar a concreto e pedra.

**Figura 4:** Comparação dos resultados de módulo de elasticidade de alvenaria em relação a prismas em relação a diferentes normas.




Fontes: 1 - EN 1996-1-1 (2005); 2 - NBR 15961-1 (2011); 3 - NBR 15812-1 (2010); 4 - NBR 16868-1 (ABNT, 2020) Concreto; 5 - NBR 16868-1 (2020) Cerâmico; 6 - CSA S304 (2014); 7 - ASTM C1314 (2018) Concrete; 8 – ASTM C1314 (2018) Cerâmico.

Quanto ao modo de falha (Figura 5), todos os prismas apresentaram comportamentos semelhantes, propagação de fissuras verticais nos cantos e vértices nas unidades dos prismas, propagando-se, em alguns casos, para a junta, gerando fissuras horizontais na argamassa. As primeiras fissuras foram observadas a uma razão de resistência/tensão de ruptura entre 0,70 e 0,85. O mesmo modo de falha foi relatado por Zanatta (2015) para os mesmos prismas, com idades de 50 dias, e primeiras fissuras a uma razão resistência/tensão de ruptura de 0,80.

**Figura 5:** Fissuras de ruptura dos prismas.



## 4 CONCLUSÕES

O valor encontrado para a resistência à compressão média dos prismas, aos 530 dias, foi de 1,59 MPa. O fator de eficiência de 56,59% está em conformidade com o encontrado por outros autores para prismas confeccionados com tijolos de terra compactada. As deformações axiais longitudinais medidas nos prismas foram lineares até em torno de 40 a 45% da sua resistência à compressão última individual. As primeiras fissuras visíveis foram observadas nos prismas a uma relação tensão/deformação entre 0,70 e 0,85. Apresentaram ruptura frágil na direção vertical, indicando falha por tração nos tijolos, comportamento observado por outros autores em prismas confeccionados com argamassa mais resistentes que os tijolos, com propagações das fissuras verticais ocorrendo nos cantos e vértices dos prismas. A equação que melhor descreveu a relação entre o modulo de elasticidade e a resistência à compressão característica dos prismas foi $E_m$=753.$f_{pk}$. Quando comparada com as equações propostas para alvenaria estrutural de bloco cerâmicos e de concreto, percebeu-se que a alvenaria constituída com tijolos vazados de solo-cimento-RCD se comportou de forma mais rígida que a alvenaria fabricada com blocos cerâmicos ($E_m$=600.$f_{pk}$.) e menos rígida que os fabricados com blocos de concreto ($E_m$=800.$f_{pk}$.). Sendo as equações propostas pela normalização brasileira as que obtiveram maior proximidade com os valores encontrados nessa pesquisa.

## 5 AGRADECIMENTOS

A equipe de pesquisa agradece às agências de fomento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio prestado a este estudo.

## REFERÊNCIAS

ABHILASH, H. N. *et al.* Compressive Strength of Novel Alkali-Activated Stabilized Earth Materials Incorporating Solid Wastes. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 32, jun. 2020. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003188.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10837:** Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12023:** Solo-cimento – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15812-2:** Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos. Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15961-1:** Alvenaria estrutural – Blocos de concreto. Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15961-2:** Alvenaria estrutural – Blocos de concreto. Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16697:** Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16868-1:** Alvenaria estrutural. Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457:** Preparação de amostras de solo para ensaios de caracterização e de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6459:** Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6502:** Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6508:** Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7175:** Cal hidratada para argamassas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7180:** Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181:** Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7182:** Solo – Ensaio de compactação – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211:** Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

BARROS, M. M. *et al.* Ecological bricks from dimension stone waste and polyester resin. Construction and Building Materials. v. 232, n 117252, 30 jan. 2020. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117252.

BRITISH STANDARD INSTITUITION. **EN 1052-1:1999.** Methods of Test for Masonry – Part 1: Determination of Compressive Strength. 1999.

BRITISH STANDARD INSTITUITION. **EN 1996-1-1.** Eurocode 6 – Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures. English Version, 2005.

BRITISH STANDARD INSTITUITION. EN 1996-1-1. Eurocode 6 – Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures. English Version, 2005.

CALDEIRA, F. E. Influence of joint thickness and strength of mortars on the compressive behavior of prisms made of normal and high-strength concrete blocks. **Construction and Building Materials**, v. 234, 20 feb. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117419.

CALDERÓN, S. A detailed experimental mechanical characterization of multi-perforated clay brick masonry. **Journal of Building Engineering**, v. 63, n 105505, 1 jan. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105505.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **S304-14:** Design Masonry Structures. Ontario, 2014.

DHANJODE, C. NAG, A. Utilization of landfill waste in brick manufacturing: A review. **Materialstoday: Proceedings**. v. 62, p 6628 – 6633. 6 maio 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.616.

HANY, E. *et al.* 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, n 122535, 26 abril 2021. Elsevier Ltd. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122535.

KONGKAJUN, N. *et al.* Case Studies in Construction Materials. Soil – cement bricks produced from local clay brick waste and soft sludge from fiber cement production. **Case Studies in Construction Materials**. v. 13, e00448, dez. 2020. Elsevier Ltd. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00448.

LUMANTARNA, R., BIGGS, D. T., INGHAM J. Uniaxial compressive strength and stiffness of field-extracted and laboratory constructed masonry prisms. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 26, abril 2014, p. 567-575. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000731.

MALKANTHI, S. N., WICKRAMASINGLE, W. G. S., PEREIRA, A. A. D. A. J. Use of construction waste to modify soil grading for compressed stabilized earth blocks (CSEB) production. **Case Studies in Construction Materials**, v. 15, dec 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00717.

MOHAMAD, G. *et al*. Strength, behavior, and failure mode of hollow concrete masonry constructed with mortars of different strengths. **Construction and Building Materials**, v. 134, 1 março 2017, p. 489-496. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.112.

MOREL, J. C. *et al.* Some observations about the paper “Earth construction: Lessons from past for future eco-efficient construction”. **Construction and Building Materials**, v. 44, jul. 2013, p. 419-421. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.054.

MUÑOZ, P. *et al.* Adobe bricks reinforced with paper & pulp wastes improving thermal and mechanical properties. **Construction and Building Materials**. v. 254, n 119314, 10 set. 2020. Elsevier Ltd. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119314.

NADIA, B. FATMA, K. NASSER, C. Mechanical, thermal and durability investigation of compressed earth bricks stabilized with wood biomass ash. **Construction and Building Materials**. v. 364, n 129874, 18 jan. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129874.

NALON, *et al.* Strength and failure mechanisms of masonry prisms under compression, flexure and shear: components’ mechanical properties as design constraints. **Journal of Building Engineering**, v. 28, n 101038, março 2020DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101038.

NASCIMENTO, E. S. S., *et al.* Soil-cement brick with granite cutting residue reuse. **Journal of Cleaner Production**, v. 321, 25 oct. 2021. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129002.

PARSEKIAN, G. A., HAMID, A. A., DRYSDALE, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. 2ª ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

REDDY, B. V. V., GUPTA, A. Influence of sand grading on the characteristics of mortars and soil-cement block masonry. **Construction and Building Materials**, v. 22, aug. 2008, p. 1614-1623. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.06.014.

SECO, A. *et al.* Sustainable unfired bricks manufacturing from construction and demolition wastes. **Construction and Building Materials.** v. 167, 10 abril 2018, p. 154-165. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.026.

VILELA, M. M. *et al.* Ecological bricks from dimension stone waste and polyester resin. **Construction and Building Materials.** v. 232, n 117252, 30 jan. 2020. Elsevier Ltd. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117252.

ZANATTA, K. C. Análise do comportamento de prismas de alvenaria de tijolos de solo-cimento-RCC. **Dissertação** (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2015. 116p.