

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CORREÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SOLO DE  
DOURADOS-MS COM AREIA PARA FABRICAÇÃO DE  
TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS**

**MARCELO DE OLIVEIRA FERREIRA  
MATHEUS HENRIQUE DE SOUZA JARA**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL**

**2024**

**CORREÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SOLO DE  
DOURADOS-MS COM AREIA PARA FABRICAÇÃO DE  
TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS**

Marcelo de Oliveira Ferreira  
Matheus Henrique de Souza Jara

Orientador: Prof. Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Agrícola.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

F382c Ferreira, Marcelo De Oliveira  
CORREÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SOLO DE DOURADOS-MS COM AREIA PARA  
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS [recurso  
eletrônico] / Marcelo De Oliveira Ferreira, Matheus Henrique De Souza Jara. -- 2024.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Elton Aparecido Siqueira Martins.  
TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Construção civil. 2. Tijolo ecológico. 3. Borracha triturada. 4. Gesso. I. De Souza Jara,  
Matheus Henrique . II. Martins, Elton Aparecido Siqueira. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**CORREÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SOLO DE DOURADOS-MS  
COM AREIA PARA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO  
COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS**

Por

Marcelo de Oliveira Ferreira  
Matheus Henrique de Souza Jara

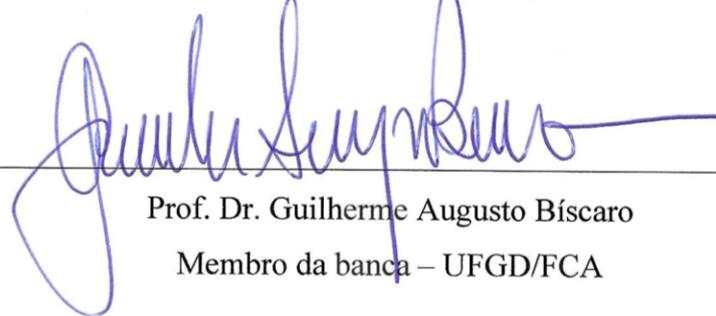
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 23 de fevereiro de 2024.



Prof. Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins

Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro

Membro da banca – UFGD/FCA



Profa. Dra. Anamari Viegas de Araújo Motomiya

Membro da banca – UFGD/FCA

## **AGRADECIMENTOS (MARCELO)**

A Deus por me permitir chegar até aqui, mediante todas as dificuldades que passei e sempre estive comigo e assim posso finalizar essa etapa em vida.

Agradeço à minha família, em especial, à minha mãe Ângela Maria que sempre me ajudou nesse percurso, às minhas irmãs que sempre torceram e sempre apoiaram a continuar e, em especial à minha esposa Caroline Silva de Araujo Ferreira que mediante todos os imprevistos sempre acreditou e apoiou para eu concluir a graduação.

À Universidade Federal da Grande Dourados por me proporcionar as melhores condições de ensino e pesquisa, gerando um conhecimento para a vida profissional.

Agradeço ao professor Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins que desde o início deste trabalho nos apoiou, sempre estive disposto e presente para ensinar e orientar, nossa imensa gratidão por sempre nos motivar.

À empresa Recauchutadora União Pneus que doou os resíduos de borracha, para a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu companheiro de trabalho Matheus Jara que colaborou para a realização deste trabalho, e aos colegas Bruno A. B. Gonçalves.; Matheus V. Alves.; Jessica Setti. por contribuírem com seu tempo e disposição neste trabalho.

Agradeço também ao técnico Geison de Lima por nos permitir e auxiliar no uso dos equipamentos do Laboratório de Engenharia da FAEN.

## **AGRADECIMENTOS (MATHEUS)**

A Deus que me permitiu chegar até este momento.

À minha mãe Giselle Lopes de Souza Jara que mesmo não estando entre o mundo dos vivos, tenho certeza que está contente com mais essa etapa concluída de minha vida acadêmica.

Ao meu pai Valmos Vieira Jara, meu irmão Murillo Cesar de Souza Jara e minha irmã Marianna Leticia de Souza Jara que são minha base familiar e me apoiam nas dificuldades da vida.

Agradeço à instituição Fundação Universidade Federal da Grande Dourados por fornecer os meios aos quais utilizamos para chegar até aqui.

Agradeço ao nosso caro orientador e professor Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins por nos orientar de maneira exemplar e não medir esforços durante toda a construção do Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradeço ao meu colega de trabalho Marcelo Ferreira, com o qual dividi as obrigações neste período de TCC, também agradeço aos colegas Bruno A. B. Gonçalves; Matheus V. Alves; Jessica Setti por contribuírem com seu tempo e disposição neste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Rodrigo Aparecido Jordan por ceder o espaço onde desenvolvemos o experimento.

Também agradeço ao técnico Geison de Lima por nos permitir e auxiliar no uso dos equipamentos do Laboratório de Engenharia da FAEN.

Deixo também agradecimentos aos amigos e familiares que estiveram próximos e me apoiaram de alguma forma nesta jornada acadêmica.

FERREIRA, Marcelo de Oliveira; JARA, Matheus Henrique de Souza. **Correção granulométrica do solo de Dourados-MS com areia para fabricação de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos**. 2024. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2023.

## RESUMO

O tijolo de solo-cimento também é conhecido como tijolo ecológico, recebe essa designação devido ao seu processo de fabricação não envolver a queima, presente nos processos de fabricação de tijolos convencionais. O outro aspecto importante é que o tijolo de solo-cimento pode ser produzido no próprio canteiro de obra utilizando o solo local, desde que o solo seja adequado para tal finalidade. Diversas localidades não possuem solo que atendam aos requisitos descritos na NBR 10833:2012 para a fabricação de tijolos de solo-cimento, como por exemplo, o solo de Dourados-MS, que para ser utilizado para a fabricação de tijolos de solo-cimento necessita que seja realizada uma correção granulométrica. Em diversas pesquisas é estudado a incorporação de resíduos no traço para a fabricação de tijolos de solo-cimento, visando o reaproveitamento e/ou a reciclagem de materiais que são considerados resíduos na construção civil ou em outros processos produtivos. Deste modo, objetivou-se com o presente trabalho fazer a correção granulométrica do solo de Dourados-MS com o uso de areia de construção para a fabricação de tijolos de solo-cimento e avaliar os efeitos da adição de fibras de borracha e resíduos de gesso, provenientes de pneus inservíveis e da construção civil, respectivamente. O solo utilizado para a fabricação dos tijolos de solo-cimento foi coletado na Unidade II da UFGD, Dourados-MS. Devido ao solo coletado não possuir granulometria adequada para a fabricação de tijolos de solo-cimento foi realizada a correção granulométrica do mesmo misturando-se 50% solo local com 50% de areia utilizada na construção civil. O traço utilizado para a fabricação dos tijolos de solo-cimento foi o 1:8 (cimento: mistura de solo e areia), em volume, este foi considerado o traço de referência para a fabricação dos tijolos de solo-cimento. Ao traço de referência foram adicionados resíduos de borracha, nas proporções de 2,5; 5,0 e 7,5%, em relação a massa de cimento do traço e, também, foram preparados traços com adição de 5,0 e 10,0% de gesso em relação a massa de cimento. Foram moldados, em prensa manual, 15 corpos de prova de cada tratamento, sendo eles o tratamento referência (sem adição de resíduos), os tratamentos com adição de borracha triturada (traço de referência mais adições de borracha triturada) e com adição de gesso (traço de referência mais adições de gesso). Após 28 dias da moldagem e cura, os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão e absorção de água, conforme procedimentos descritos na NBR 8491: 2012. A mistura de 50% de solo com 50% de areia foi adequada para corrigir a granulometria do solo local para a fabricação dos tijolos de solo-cimento. Os corpos de prova, sem adição de resíduos, apresentaram resistência à compressão e absorção de água de 0,66 MPa e 20,67%, respectivamente, valores estes considerados não adequados para tijolos de solo-cimento, conforme limites estabelecidos pela NBR 8492:2012. A adição de resíduos de borracha e de gesso não proporcionaram a elevação dos valores de resistência à compressão e de absorção de água.

**Palavras-chave:** Construção civil. Tijolo ecológico. Borracha triturada. Gesso.

FERREIRA, Marcelo de Oliveira; JARA, Matheus Henrique de Souza. **Granulometric correction of the soil of Dourados-MS with sand for the manufacture of soil-cement bricks with the addition of waste.** Final Paper (Bachelor in Agricultural Engineering) – Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Grande Dourados, Dourados, 2024.

## ABSTRACT

Soil-cement brick is also known as ecological brick, it receives this designation due to its manufacturing process does not involve burning, which is present in conventional brick manufacturing processes, another important aspect is that soil-cement brick can be produced in the own construction site using local soil, as long as the soil is suitable for this purpose. Several locations do not have soil that meets the requirements described in NBR 10833:2012 for the manufacture of soil-cement bricks, such as the soil in Dourados-MS, which, in order to be used for the manufacture of soil-cement bricks, requires a granulometric correction is carried out. In several studies, the incorporation of waste into the mix for the manufacture of soil-cement bricks has been studied, aiming at the reuse and/or recycling of materials that are considered waste in civil construction or other production processes. Therefore, the objective of this work was to perform the granulometric correction of the soil in Dourados-MS using construction sand for the manufacture of soil-cement bricks and to evaluate the effects of adding rubber fibers from gypsum waste, coming from scrap tires and construction, respectively. The soil used to manufacture the soil-cement bricks was collected at Unit II of UFGD, Dourados-MS. Due to the collected soil not having adequate grain size for the manufacture of soil-cement bricks, the grain size correction was carried out by mixing 50% local soil with 50% sand used in civil construction. The mix used to manufacture the soil-cement bricks was 1:8 (cement: mixture of soil and sand), in volume, this was considered the reference mix for the manufacture of soil-cement bricks. Rubber residues were added to the reference mixture in proportions of 2.5; 5.0 and 7.5%, in relation to the cement mass of the mix, and mixes were also prepared with the addition of 5.0 and 10.0% of gypsum in relation to the cement mass. Fifteen specimens of each treatment were molded in a manual press, being the reference treatment (without addition of waste), the treatments with addition of crushed rubber (reference trace plus additions of crushed rubber) and with addition of gypsum (reference trace plus plaster additions). After 28 days of molding and curing, the specimens were subjected to compression resistance and water absorption tests, according to procedures described in NBR 8491: 2012. The mixture of 50% soil with 50% sand was adequate to correct the granulometry of the local soil for the manufacture of soil-cement bricks. The test specimens, without the addition of residues, presented compressive strength and water absorption of 0.66MPa and 20.67%, respectively, values considered not suitable for soil-cement bricks, according to the limits established by NBR 8492:2012. The addition of rubber and gypsum residues did not increase the compressive strength and water absorption values.

**Keywords:** Construction. Ecologic brick. Crushed rubber. Plaster.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Tijolo maciço de solo-cimento (A) e bloco maciço de solo-cimento (B).....	4
Figura 2. Curvas granulométricas do solo e da areia.....	8
Figura 3. Betoneira (400 L) (A) e Prensa Manual (B), utilizadas na fabricação dos tijolos solo-cimento-gesso e tijolos solo-cimento-borracha. ....	11
Figura 4. Local de cura dos tijolos (A) e tijolos sendo umedecidos com um regador (B) .....	12
Figura 5. Medição do comprimento do corpo de prova utilizando o paquímetro. ....	13
Figura 6. Corpos de prova dentro da estufa para secagem (A) e corpos de prova imersos em tanque com água (B).....	14
Figura 7. Corpos de prova em repouso após capeamento (A), e corpos de prova capeados imersos (B). ....	15
Figura 8. Rompimento de corpo de prova em prensa hidráulica. ....	16
Figura 9. Curva granulométrica da mistura solo-areia na proporção de 50% de solo e 50% de areia. ....	17
Figura 10. Absorção de água dos tijolos de solo-cimento com adição de gesso.....	18
Figura 11. Absorção de água dos tijolos de solo-cimento com adição de borracha.....	19
Figura 12. Gráfico de resistência a compressão dos tijolos com adição de gesso.....	20
Figura 13. Gráfico de resistência a compressão dos tijolos com adição de borracha. ....	21

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição granulométrica do solo, areia e da mistura solo e areia.....	9
Tabela 2. Dimensões médias dos corpos de provas e desvio padrão da amostra para cada valor médio. ....	18

## SUMÁRIO

	Página
1 Introdução.....	1
2 Revisão de literatura .....	4
2.1 Tijolos de solo-cimento e seus usos .....	4
2.2 Fabricação de tijolos de solo-cimento com solos finos e correção granulométrica .....	5
2.3 Uso de resíduos para a fabricação de tijolos de solo-cimento.....	5
3 Material e métodos .....	7
3.1 Caracterização e preparo dos materiais .....	7
3.1.1 Solo.....	7
3.1.2 Resíduos de gesso e de borracha coletados .....	9
3.1.3 Cimento e água .....	10
3.1.4 Traço padrão.....	10
3.2 Moldagem e cura dos tijolos de solo-cimento.....	11
3.3 Ensaios.....	12
3.3.1 Análise dimensional .....	13
3.3.2 Absorção de água.....	13
3.3.3 Resistência à compressão simples .....	14
4 Resultados e discussão .....	17
5 Conclusões.....	22
6 Referências bibliográficas .....	23

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com o surgimento de novas legislações e a preocupação com qualidade aliada a sustentabilidade, a exigência por materiais e produtos de qualidade é crescente em todos os setores das atividades humanas, e na construção civil não é diferente. Cada vez mais surgem novas técnicas e tecnologias que buscam melhorar e atualizar os meios de produção, um exemplo claro de sustentabilidade e eficiência de trabalho atualmente neste setor é o uso de tijolos de solo-cimento (Weber; Campos; Borga, 2017).

O tijolo de solo-cimento dispensa a queima em seu processo de cura, tornando-se uma alternativa ao tijolo convencional, pois é um tijolo ecológico pensado a facilitar o uso na obra, pois possui um formato com encaixes que auxiliam a montagem, reduzindo o tempo de trabalho. Também se destaca em relação aos demais tijolos do mercado, pois pode ser feito no próprio canteiro de obras com o solo disponível no local, diminuindo custos com logística de materiais e pessoas, visto que não requer mão de obra especializada, nem ferramentas avançadas (Souza, 2006).

De modo mais técnico, o tijolo de solo-cimento pode ser definido como um componente de alvenaria, podendo ser maciço ou vazado, proveniente de uma mistura, compactada e endurecida, de solo, cimento Portland e água, podendo ainda, ter aditivos e/ou pigmentos (ABNT 8491: 2012b). Dentre as aplicações do tijolo de solo-cimento, a principal é para execução de paredes, podendo ser utilizados em fundações, passeios e contrapisos, além de coberturas abobadadas e lajes mistas (Segantini e Wada, 2011).

Conforme descrito na ABNT NBR 10833: 2012 o solo utilizado na fabricação de tijolos de solo-cimento deve ser 100% passante na peneira 4,75 mm e ter de 10 a 50 % passante na peneira 0,075 mm, possuir um limite de liquidez de no máximo 45% e índice de plasticidade de até 18%. Também deve ser utilizado solo com baixo conteúdo de matéria orgânica e água livre de impurezas, para evitar a influência no processo de cura do cimento (ABNT, 2012a).

De acordo com Silva (2005), solos com altas concentrações de silte e argila, não são indicados para fabricação de tijolos de solo-cimento, pois estes podem gerar fissuras no processo de cura, comprometendo sua resistência final, em casos como esse, necessita-se de correção, que pode ser feita geralmente com adição de areia.

Tem-se muitos locais em que o solo não atende aos requisitos da norma para a fabricação de tijolos de solo-cimento, como por exemplo o solo de Dourados-MS, o qual é um solo predominantemente fino (composto majoritariamente por partículas de argila e silte).

Segundo Arcoverde *et al.* (2020), o solo da Fazenda experimental da UFGD, localizada em Dourados-MS, possui, aproximadamente, em sua composição granulométrica 60g Kg<sup>-1</sup> de argila, 15g Kg<sup>-1</sup> de silte e 25g Kg<sup>-1</sup> de areia. Portanto, de acordo com a norma vigente, o solo de Dourados-MS é impróprio para a fabricação de tijolos de solo-cimento, tornando necessária a correção da granulometria por meio da mistura do solo local com solos arenosos ou areia de construção.

Gonçalves e Alves (2023) fizeram a correção granulométrica do solo de Dourados-MS utilizando resíduos da construção civil (RCC) triturado, passante na peneira com abertura de 4,75 mm, obtendo um material composto por 50% de solo e 50% de RCC, os tijolos fabricados a partir desta mistura de solo corrigido com RCC apresentaram resistência média à compressão superior a 2 MPa.

Devido a permissividade que esse tipo de tijolo possui a incorporação de resíduos em sua composição, alguns pesquisadores se dedicam a fabricação de tijolos com os mais variados tipos de resíduos. Dentre os trabalhos realizados, tem-se a fabricação de tijolos de solo-cimento com a incorporação de cinzas do bagaço da cana de açúcar (Jordan *et al.*, 2019), com resíduos de gesso (Santi *et al.*, 2017); com os resíduos de borracha (Silva *et al.*, 2017) e, tijolos de adobe de solo-cimento com adição de resíduo de recapagem de pneus (Novato, 2019; Guilherme Junior, 2021).

Portanto estes tijolos de solo-cimento possibilitam a incorporação de resíduos remanescentes de outros processos industriais na mistura, que muitas vezes podem ser nocivos ao meio ambiente ou onerosos para o seu descarte, como é o caso por exemplo do gesso, um material aglomerante obtido da gipsita, que se mal descartado, pode contaminar o solo, pois libera íons Ca<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> alterando a alcalinidade do solo e contaminando os lençóis freáticos (Cavalcante e Miranda, 2011).

Os pneus inservíveis também somam grandes quantidades de resíduos que se tornam nocivos ao meio ambiente, se mal descartados. Estes são alguns dos resíduos prejudiciais à saúde ambiental e humana que devem ser sempre que possível reutilizados, pois possuem grande potencial reciclável.

Decorrente desses temas, é atestada a importância das pesquisas nesse sentido, produzir elementos de baixo custo, sustentáveis e que possibilitem um destino adequado a resíduos indesejáveis ao descarte. Deste modo, objetivou-se com o presente trabalho fazer a correção granulométrica do solo de Dourados-MS com o uso de areia de construção para a fabricação de tijolos de solo-cimento e avaliar os efeitos, na resistência à compressão e na

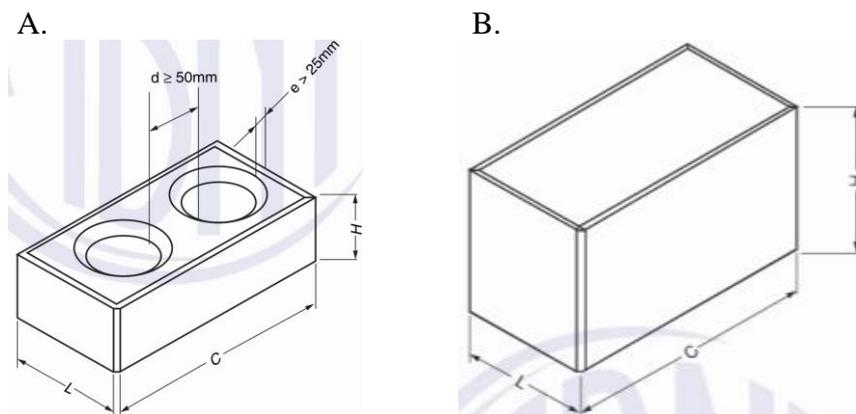
absorção de água, que a adição de fibras de borracha e resíduos de gesso, provenientes de pneus inservíveis e da construção civil, respectivamente, causam nos tijolos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO E SEUS USOS

O tijolo de solo-cimento é classificado como um produto ecológico, por não necessitar de queima no seu processo de cura, comumente utilizada nos processos de produção de tijolos convencionais. Este material pode ser definido como um bloco, vazado ou não, produzido através de uma mistura homogênea de solo, cimento e água, secando em temperatura ambiente (Rosa e Santos, 2013).

A ABNT NBR 8491:2012 identifica como tijolo de solo-cimento um componente formado por uma mistura homogênea compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e por ventura aditivos e/ou pigmentos em proporções que atendam os requisitos dispostos na norma (ABNT, 2012b). De acordo com a norma supracitada, os tijolos de solo-cimento são caracterizados por possuírem a altura (H) inferior a largura (L), podendo ser maciço ou vazado (Figura 1A), já o bloco de solo-cimento, de acordo com a ABNT NBR 10834:2012 (ABNT, 2012d), diferenciam-se dos tijolos de solo-cimento devido à altura (H) ser igual ou superior a largura (L), podendo também ser maciço ou vazado (Figura 1B).



**Figura 1.** Tijolo vazado de solo-cimento (A) e bloco maciço de solo-cimento (B).

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 8491:2012b e ABNT NBR 10834:2012d.

Destaca-se nesses tijolos, a possibilidade da incorporação de resíduos ou aditivos em sua composição de mistura (Ribeiro *et. al.*, 2021) agregando valor ao mesmo e ainda, melhorando suas características quando processado nas condições corretas. Além de possibilitar uma destinação aos materiais, que por muitas vezes, geram aos municípios alto custo de descarte e podem ser altamente nocivos ao meio ambiente.

Outras vantagens evidenciadas nestes tijolos, em relação aos tijolos convencionais são: a dispensa de mão de obra especializada, menor tempo de produção e economia de matéria prima, suas faces e encaixes foram idealizados para facilitar o trabalho manual e reduzir os custos finais da obra, já que reduz a quantidade de argamassa e viabiliza a passagem de instalações eletro-hidráulicas pelos dutos de ar criados nas paredes pelos tijolos vazados, além de promover maior conforto térmico e acústico (Ferraz e Segantini, 2004).

## 2.2 FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM SOLOS FINOS E CORREÇÃO GRANULOMÉTRICA

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP-2000) sugere que para solos que atendam os requisitos mínimos previstos na norma para produção de tijolos, o traço escolhido para produção de tijolos de solo-cimento seja 1:10 sendo a relação cimento: areia respectivamente. A água deve ser adicionada em pequenas quantidades enquanto o solo é revolvido até que a mistura atinja uma certa consistência desejada.

A produção desses tijolos deve obedecer a alguns critérios mínimos, dispostos nas seguintes proporções pela ABNT NBR 10833:2012, material 100% passante na peneira 4,75mm e de 10 a 50 % passante na peneira 0,075mm, que corresponde a mistura (silte + argila) isto é, no máximo 50% de partículas finas (silte + argila), na composição da mistura (ABNT, 2012a).

## 2.3 USO DE RESÍDUOS PARA A FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

De acordo com o trabalho de Ribeiro *et. al.* (2021), que teve como objetivo estudar a adição de borracha em tijolos de solo-cimento, chegou à conclusão, onde os tijolos não atingiram as exigências mínimas das normas de ensaio de compressão simples.

De acordo com Novato (2019), que teve como objetivo estudar a fabricação de tijolos de adobe com a adição de borracha, onde os tijolos obtidos em seu experimento tiveram uma maior absorção de água com a adição do resíduo mas não atingiram os requisitos de resistência a compressão, exigidos pela norma.

A redução da resistência do tijolo solo cimento com adição de borracha foi aferida em outros trabalhos. Silveira *et. al.* (2016) analisaram blocos produzidos com concreto convencional (areia, brita, cimento e água) e concreto modificado com 10 % de borracha,

considerando também aumento de 5% a 30% no consumo de cimento. Observou-se que a adição de resíduo de borracha influenciou a resistência à compressão.

A adição do resíduo de borracha também foi pesquisada e experimentada na fabricação de tijolos de concreto no trabalho de Pereira *et. al.* (2021). Os autores realizaram uma série de ensaios e observaram uma redução na resistência a compressão simples e de absorção de água conforme aumentavam-se a quantidade do resíduo de borracha na mistura. Com todos esses ensaios obtiveram um tratamento considerado ótimo onde as normas foram atendidas.

O gesso é um material amplamente utilizado na construção civil, por ser de fácil obtenção e manuseio. É produzido através do aquecimento de uma rocha sedimentar, chamada gipsita, em uma temperatura que varia de 100 a 180° C, resultando na calcinação da rocha (Araujo e Farias, 2021).

É natural que o uso desse material em grande escala gere uma quantidade significativa de resíduos sólidos, logo é necessário que o descarte desse resíduo seja adequado, visto que a composição química do gesso libera íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{-2}$  alterando a alcalinidade do solo e contaminando os lençóis freáticos (Cavalcante e Miranda, 2011).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas, sendo elas a fabricação dos tijolos de solo-cimento-gesso e solo-cimento-borracha e análise dos tijolos fabricados (resistência à compressão, absorção de água). A etapa de fabricação, consistiu na coleta dos materiais, preparo dos traços, moldagem e cura dos tijolos, as quais foram desenvolvidas no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada no município de Dourados-MS. Já a etapa de análise dos tijolos moldados foi executada no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente e no Laboratório de Engenharia Civil, pertencente a Faculdade de Engenharias (FAEN) da UFGD.

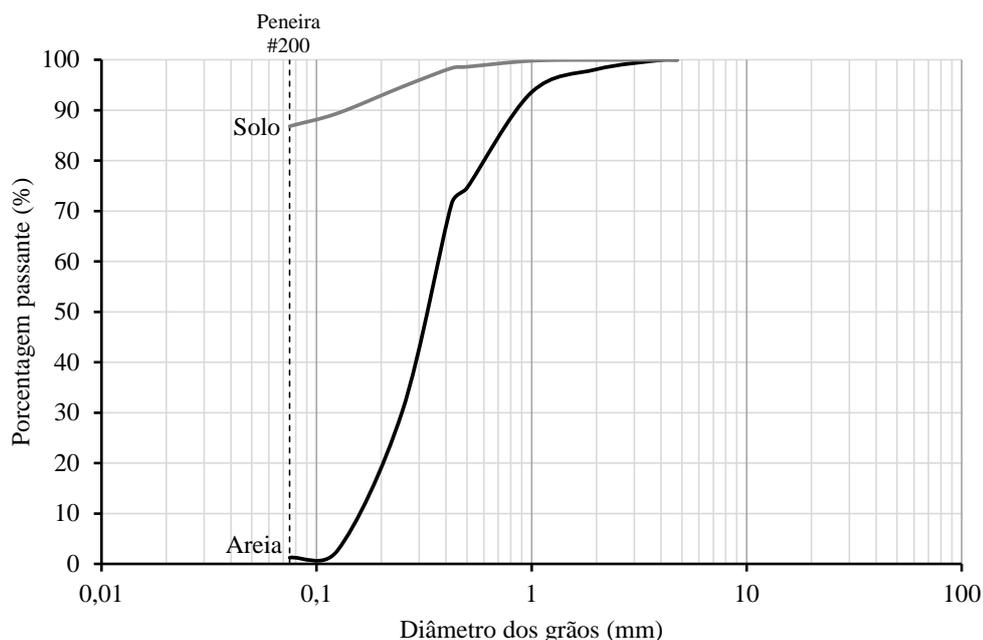
#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO E PREPARO DOS MATERIAIS

##### 3.1.1 Solo

O solo utilizado para a fabricação dos tijolos de solo-cimento foi coletado na Unidade II da UFGD, Dourados-MS, a uma profundidade a partir de 0,30 m afim de evitar que o mesmo apresentasse uma elevada quantidade de matéria orgânica, material que conforme descrito na ABNT NBR 10833:2012 deve ser evitado em virtude de a mesma prejudicar a hidratação do cimento (ABNT, 2012a). O solo coletado foi passado na peneira com abertura de 4,75 mm e armazenado sob um barracão pré-moldado para secagem ao ar. Foi retirado deste montante uma amostra para realizar o ensaio de granulometria, de acordo com os procedimentos descritos na ABNT NBR 6457:2016 e ABNT NBR 7181:2016 (ABNT, 2016a, 2016b).

O solo coletado para a fabricação dos tijolos de solo-cimento, possuía 86,84% de seus grãos passante na peneira 200 (abertura de 0,075 mm), o que corresponde às partículas finas (silte e argila) e 13,16% ficaram retidos nesta mesma peneira, ou seja, partículas grossas (areia) (Figura 2). Logo o solo de Dourados, não é adequado para a fabricação de tijolos de solo-cimento, pois não atende aos requisitos da ABNT NBR 10833:2012, a qual especifica que o solo deve ser de 10 a 50% passante na peneira 200 (ABNT,2012a).

A fim de corrigir a granulometria do solo e dar sequência na produção dos tijolos, optou-se por misturar o mesmo com areia utilizada na construção civil para o preparo de argamassas e concretos.



**Figura 2.** Curvas granulométricas do solo e da areia.

Fonte: Autores, 2024.

A areia utilizada para a efetuar a correção granulométrica do solo foi adquirida em uma loja de material de construção da cidade de Dourados -MS e estocada junto ao solo na área de produção dos tijolos, sendo esta passada pela peneira com abertura de 4,75 mm, a fim de descartar material com granulometria superior e deixada para secar a sombra, a areia também foi submetida ao ensaio de granulometria, seguindo-se os mesmos procedimentos supracitados para o solo.

A areia utilizada possuía 98,74 de seus grãos com tamanho entre 0,075 e 4,75 mm e apenas 1,26 % dos grãos apresentaram tamanho inferior a 0,075 mm (Figura 2), possuindo assim, granulometria adequada para ser utilizada na correção do solo, permitindo a fabricação de tijolos de solo-cimento.

A partir das curvas granulométricas do solo e da areia (Figura 2) e por meio do processo algébrico, descrito por Caputo e Caputo (2022), foram efetuados os cálculos para determinar a quantidade mínima de areia a ser misturada no solo, de modo a obter uma mistura com no mínimo 50% de material grosso (não passante na peneira 200) (Tabela 1 e Equações 1, 2 e 3), assim atendendo os requisitos descritos na ABNT NBR 10833:2012, para a fabricação de tijolos de solo-cimento (ABNT, 2012a).

**Tabela 1.** Composição granulométrica do solo, areia e da mistura solo e areia.

Componentes	Granulometria (%)		Especificações da mistura (%)
	Solo	Areia	
Grosso (>0,075 mm)	13,16 (a <sub>1</sub> )	98,74 (a <sub>2</sub> )	50 (A)
Fino (<0,075 mm)	86,84 (b <sub>1</sub> )	1,26 (b <sub>2</sub> )	50 (B)
Totais	100	100	100
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	

Fonte: Autores, 2024.

$$\begin{cases} a_1 X_1 + a_2 X_2 = A \\ b_1 X_1 + b_2 X_2 = B \end{cases} \quad (1)$$

Em que:

a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>: porcentagem, da massa, de partículas grossas (decimal);

b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>: porcentagem, da massa, de partículas finas (decimal);

A: porcentagem, da massa, de partículas grossas desejada na mistura (decimal);

B: porcentagem, da massa, de partículas finas desejada na mistura (decimal);

X<sub>1</sub>: porcentagem necessária do material 1 na mistura (decimal); e

X<sub>2</sub>: porcentagem necessária do material 2 na mistura (decimal).

$$\begin{cases} 0,1316 X_1 + 0,9874 X_2 = 0,5 \\ 0,8684 X_1 + 0,0126 X_2 = 0,5 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} X_1 = 0,570 \sim 57\% \\ X_2 = 0,430 \sim 43\% \end{cases} \quad (3)$$

A quantidade mínima de areia a ser adicionada, em massa, na mistura solo-areia para efetuar a correção granulométrica do solo é de 43% (Equação 3), deste modo, visando facilitar a mistura de solo e areia, optou-se por efetuar a mistura nas proporções de 50% de areia e 50% de solo.

### 3.1.2 Resíduos de gesso e de borracha coletados

O resíduo utilizado no trabalho foi obtido por meio da coleta de sobras e descartes de peças de gesso de canteiros de obras instalados na cidade de Amambai – MS. As peças de gesso coletadas foram trituradas e peneiradas em peneira número 4 (abertura de 4,75 mm) e número

2 (abertura 2,00 mm) de modo a obter um material com o menor tamanho de partículas possível, facilitando a incorporação do resíduo na mistura com cimento.

Já os resíduos de borracha, oriundos de pneus inservíveis já triturados foram doados pela empresa recauchutadora União, localizada na cidade de Dourados-MS, os resíduos de pneus foram peneirados também em peneira 4 (abertura 4,75 mm) a fim de separar o material grosso do fino.

### **3.1.3 Cimento e água**

Foi utilizado o cimento CP-II-F-32, pois este tipo de cimento é de aplicação geral e suas especificações técnicas atendem aos requisitos de durabilidade e resistência (Segantini e Wada, 2011), e também é de fácil aquisição no comércio local.

Conforme a ABNT NBR 8491:2012 (ABNT, 2012b), recomenda-se o uso de água isenta de impurezas nocivas à hidratação do cimento. Deste modo, foi utilizada água potável, proveniente do abastecimento de água da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Unidade II, para a fabricação dos tijolos de solo-cimento com adição de borracha e gesso.

### **3.1.4 Traço padrão**

A partir da correção do solo coletado e escolha do traço de referência, foram definidos os tratamentos de trabalho para a fabricação dos tijolos de solo-cimento. A quantidade de resíduo foi definida com base em trabalhos já feitos a cerca deste tema.

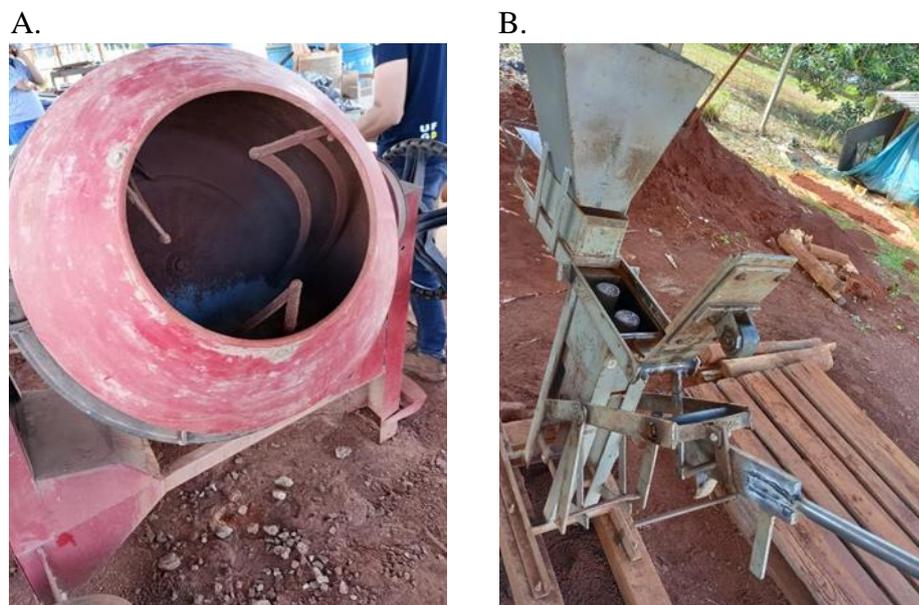
Os tratamentos ficaram definidos desta forma:

- Traço de referência: 1:8 (cimento: mistura de solo e areia), em volume;
- G - 5%: traço de referência com adição de 5% de gesso triturado;
- G - 10%: traço com adição de 10% de gesso triturado;
- B - 2,5%: traço com adição de 2,5% de borracha triturada;
- B - 5%: traço com adição de 5% de borracha triturada;
- B - 7,5%: traço com adição de 7,5% de borracha triturada;

### 3.2 MOLDAGEM E CURA DOS TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

Para iniciar a moldagem de cada tratamento dos tijolos, foram feitos cálculos para obter os balanceamentos das medidas em volume, que foram então convertidas em base mássica, permitindo a pesagem de cada item a ser misturado (solo, areia, cimento e resíduo) em balança de resolução 0,1 g. Após a pesagem, os materiais foram adicionados um a um em uma betoneira (400 L) (Figura 3A), para a homogeneização da mistura. Após alguns minutos de agitação e a mistura ficar homogênea, com o auxílio de uma garrafa PET a água foi adicionada gradativamente.

Conforme a água era incorporada, verificava-se a umidade através de um método empírico que consiste em colocar uma porção da mistura na mão e pressioná-la, formando a marca dos dedos das mãos. Se ela for moldada significa que a mistura atingiu a umidade ótima para a fabricação dos tijolos de solo-cimento.

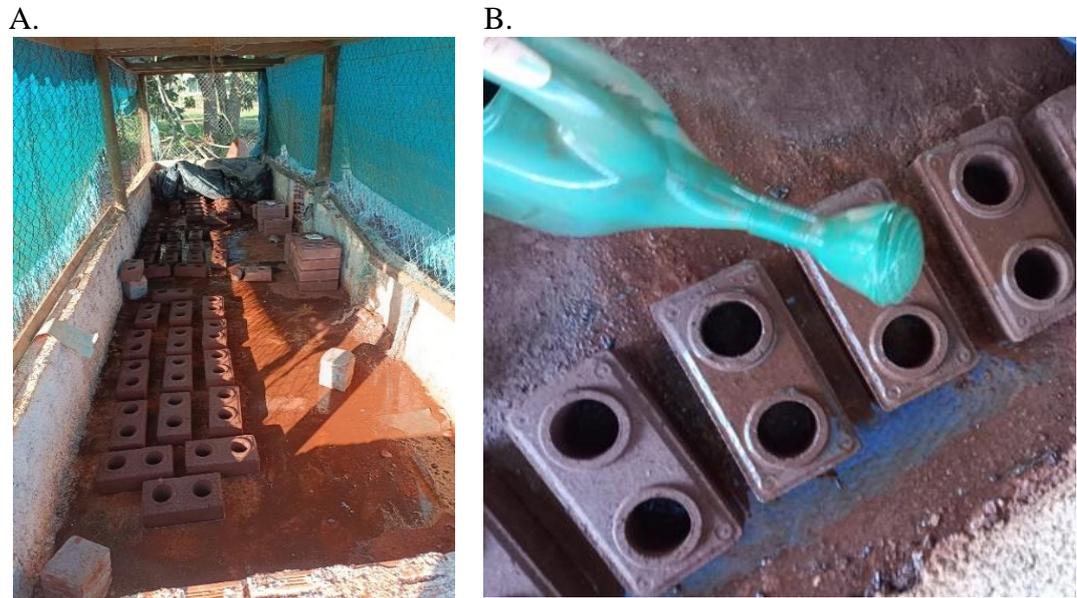


**Figura 3.** Betoneira (400 L) (A) e Prensa Manual (B), utilizadas na fabricação dos tijolos solo-cimento-gesso e tijolos solo-cimento-borracha.

Fonte: Autores, 2023.

Com a homogeneização e umidade de trabalho ótima atingida, a mistura foi transferida com um balde para o recipiente da prensa onde executou-se a moldagem dos tijolos vazados com dois furos (Figura 3B), após ser retirado com cuidado da prensa e averiguado se não havia nenhum defeito, os tijolos foram colocados um ao lado do outro para curar à sombra dentro das

instalações previamente preparadas (Figura 4A), onde foram umedecidos com um regador (Figura 4B) diariamente a partir do 2º dia até completarem a cura recomendada de 7 dias.



**Figura 4.** Local de cura dos tijolos (A) e tijolos sendo umedecidos com um regador (B)

Fonte: Autores, 2023.

Para cada tratamento foram moldados em média 15 corpos de prova.

### 3.3 ENSAIOS

Em laboratório realizou-se sobre os corpos de prova, à análise dimensional, o ensaio à compressão simples e ensaio de absorção de água, conforme descritos na ABNT NBR 8492:2012 (ABNT, 2012c), afim de verificar se os corpos de provas moldados atenderam aos requisitos para tijolos de solo-cimento previstos na ABNT NBR 8491:2012 (ABNT, 2012b).

Após 28 dias de fabricação, foram coletados 10 corpos de prova, aleatoriamente, de cada tratamento, que foram submetidos a análise dimensional, destes 7, foram submetidos ao ensaio de compressão simples e 3 submetidos ao ensaio de absorção de água. A ABNT NBR 8491: 2012, tem como requisitos para os corpos de prova ensaiados de um lote que as dimensões gerais largura (L), comprimento (C) e altura (H), não devem variar mais de 1 mm entre as unidades ensaiadas, a média de resistência a compressão não pode ser inferior a 2 MPa, e a absorção de água média deve ser inferior a 20% (ABNT, 2012b).

### 3.3.1 Análise dimensional

Para aferir as medidas de altura e largura utilizou-se de um paquímetro digital de 150 mm com resolução de 0,01 mm. Essas dimensões foram medidas em três pontos distintos do corpo de prova, sendo uma em cada extremidade e a terceira no meio, e para o comprimento, utilizou-se um paquímetro analógico de 300 mm com resolução de 0,02 mm, efetuando-se também três medições (uma em cada extremidade e a terceira no meio), conforme a (Figura 5).

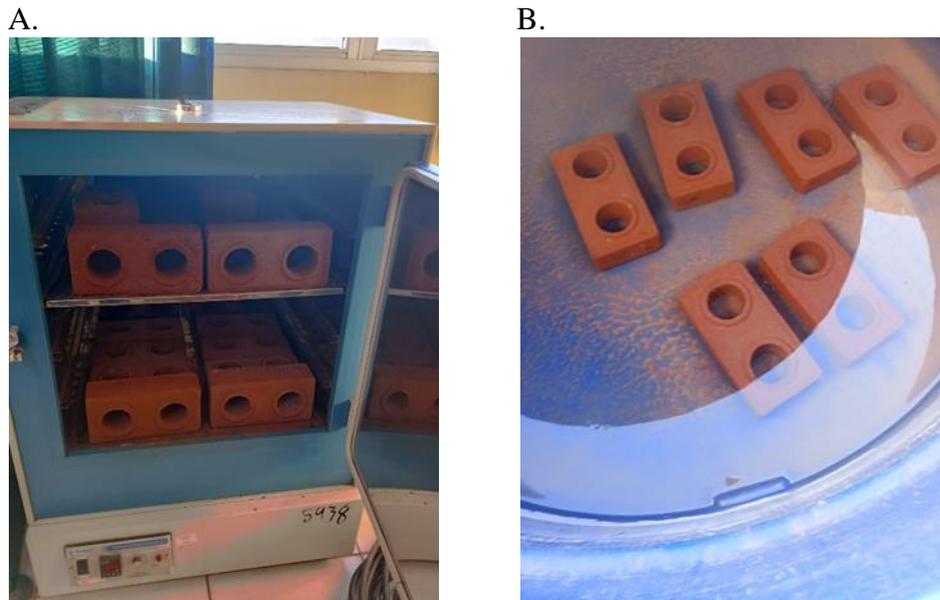


**Figura 5.** Medição do comprimento do corpo de prova utilizando o paquímetro.

Fonte: Autores, 2023.

### 3.3.2 Absorção de água

Para a realização do ensaio de absorção de água, foram adotados os passos designados pela ABNT NBR 8492:2012 (ABNT, 2012c). Os corpos de prova foram levadas à estufa de circulação de ar forçado com temperaturas de 105° a 110° C (Figura 6A). Os corpos permaneceram em estufa até que atingissem uma massa constante ( $m_1$ ). Ao fim, os corpos de prova foram retirados da estufa e deixados em descanso sobre uma bancada. Após secos e resfriados, os corpos de prova foram imersos em um tanque de água por 24 h (Figura 6B), após este período de imersão, os corpos de prova são retirados do tanque e secos superficialmente com um pano umedecido e em seguida tiveram suas massas saturadas ( $m_2$ ) registradas.



**Figura 6.** Corpos de prova dentro da estufa para secagem (A) e corpos de prova imersos em tanque com água (B).

Fonte: Autores, 2023.

A absorção de água de cada corpo de prova foi calculada por meio da Equação 2:

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \quad (2)$$

em que:

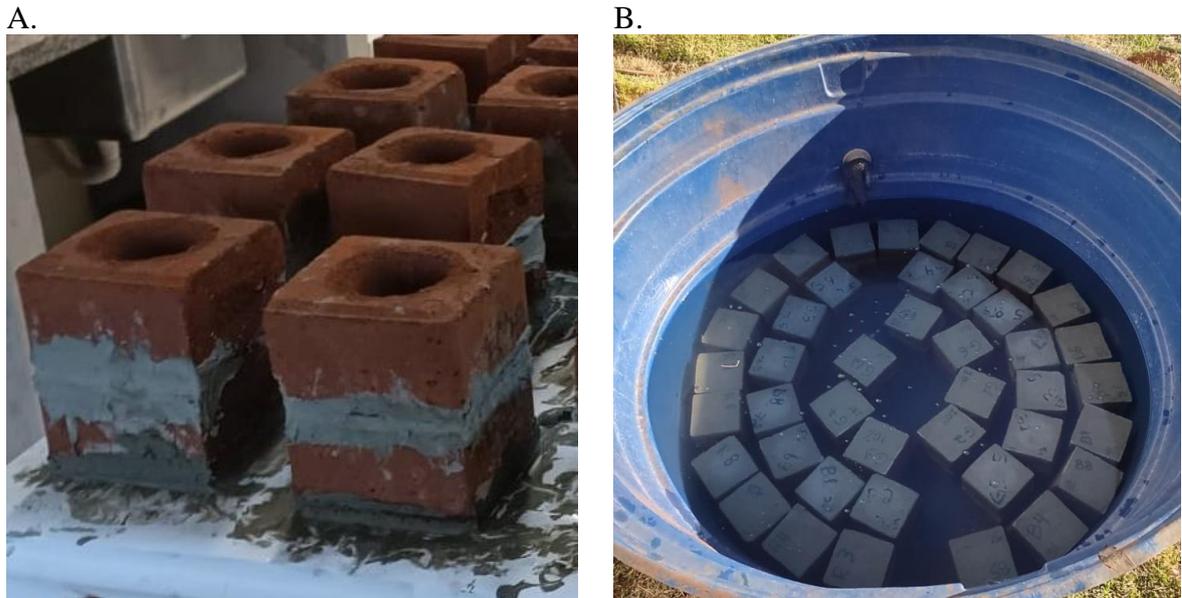
A: absorção de água, em %;

$m_1$ : massa do corpo de prova seco em estufa, em g; e

$m_2$ : massa do corpo de prova saturado, em g.

### 3.3.3 Resistência à compressão simples

Os tijolos separados para este ensaio foram cortados ao meio com o auxílio de uma serra mármore, perpendicularmente a sua face de maior dimensão. Em seguida, foi preparada uma pasta (cimento + água), para a junção da face de maior área do tijolo partido. Sendo cada tijolo partido unido com uma pasta de espessura de 2 a 3 mm (Figura 7A).



**Figura 7.** Corpos de prova em repouso após capeamento (A), e corpos de prova capeados imersos (B).

Fonte: Autores, 2023.

Os corpos de prova já unidos, tiveram suas faces superior e inferior regularizadas (capeamento) por meio da aplicação de uma camada fina, cerca de 1 a 3 mm de espessura, de pasta de cimento e após a cura da pasta de cimento os corpos de prova tiveram suas faces medidas, com paquímetro digital sem descontar a área dos furos, na sequência os corpos de prova foram imersos em água por no mínimo 6 horas (Figura 7B).

Decorrido o tempo de imersão os corpos de prova foram retirados da água imediatamente antes do ensaio de compressão e enxugados superficialmente, com um pano levemente umedecido, então foram colocados na prensa hidráulica sendo submetidos, um a um, por uma carga gradativa de pressão até atingirem seu ponto de ruptura (Figura 8).



**Figura 8.** Rompimento de corpo de prova em prensa hidráulica.

Fonte: Autores, 2023.

Os resultados individuais do ensaio foram obtidos por meio da Equação 2.

$$f_t = \frac{F}{S} \quad (2)$$

em que:

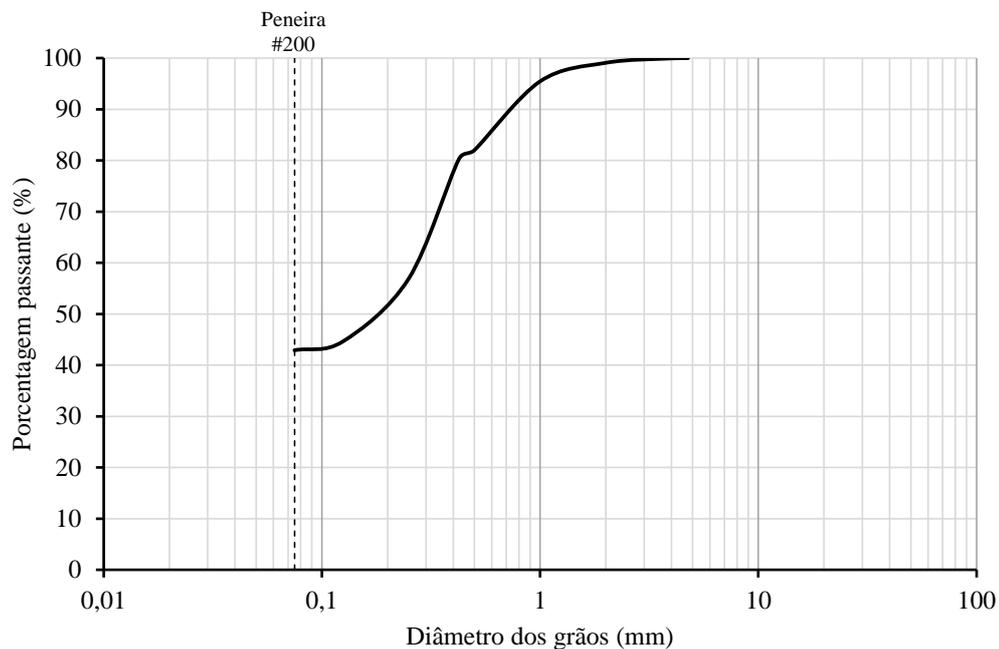
$f_t$  - Resistência a compressão simples, MPa;

F - Carga de ruptura, N; e

S - Área de aplicação da carga, mm<sup>2</sup>.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A correção granulométrica do solo por meio da mistura com areia, na proporção de 50% de solo e 50% de areia, resultou num material com granulometria tal que 42,90% das partículas possuíam diâmetro menor que 0,075 mm (Figura 9), granulometria esta correspondente a solos finos (silte e argila), e cerca de 57,10% das partículas desta mistura possuíam diâmetro superior a 0,075 mm (Figura 9), correspondente a partículas grossas (areia).



**Figura 9.** Curva granulométrica da mistura solo-areia na proporção de 50% de solo e 50% de areia.

Fonte: Autores, 2024.

Tal resultado (Figura 10) evidêcia que a mistura na proporção de 50% de solo com 50% de areia atende aos requisitos da ABNT NBR 10833: 2012 (ABNT, 2012a), para produção de tijolos solo-cimento, visto que a norma supracitada, tem como requisito que o solo tenha de 10 a 50% de material passante na peneira com abertura de 0,075 mm para ser adequado para a fabricação de tijolos de solo-cimento.

Com relação à análise dimensional dos corpos de prova (altura, largura e comprimento), (Tabela 2), verificou-se uma pequena variação da largura e do comprimento devido essas medidas serem definidas pela forma da prensa de tijolos, porém para a altura dos corpos de prova houver discrepâncias consideráveis. E essa variação na altura pode ser atribuída à quantidade de material adicionada no molde da prensa e/ou a força de compressão aplicada

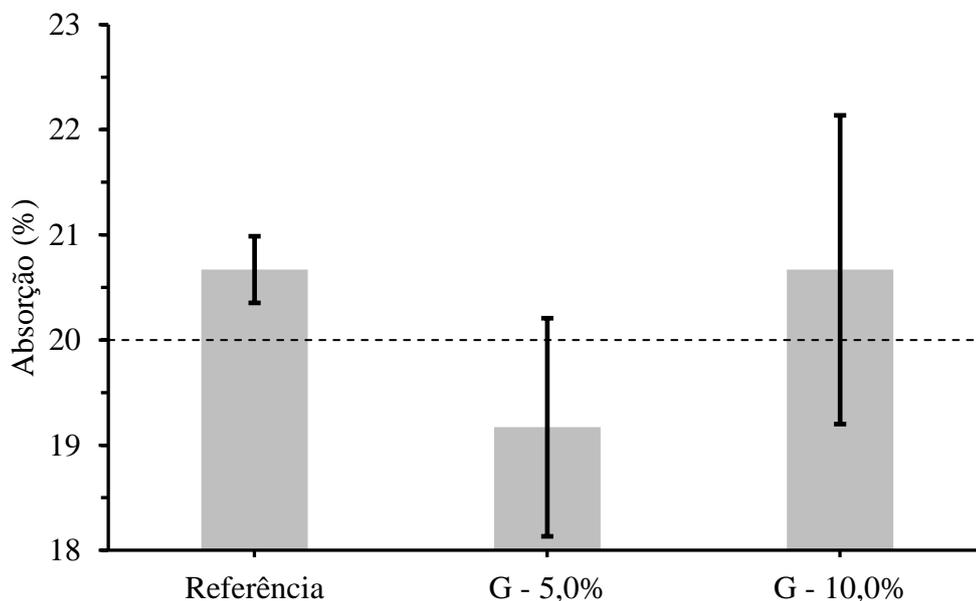
durante a moldagem dos corpos de prova, conforme observado também por Gonçalves e Alves (2023).

**Tabela 2.** Dimensões médias dos corpos de provas e desvio padrão da amostra para cada valor médio.

Tratamento	Altura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)
Referência	73,73 ± 1,17	126,01 ± 0,33	252,23 ± 0,39
B – 2,5%	75,00 ± 0,56	125,46 ± 0,19	251,24 ± 0,40
B – 5,0%	73,82 ± 1,34	125,17 ± 0,13	250,41 ± 0,23
B – 7,5%	71,32 ± 1,43	124,56 ± 0,07	249,90 ± 0,07
G – 5,0%	74,17 ± 0,84	126,02 ± 0,56	252,22 ± 0,92
G – 10,0%	72,96 ± 1,09	125,86 ± 0,30	252,19 ± 1,14

Fonte: Autores, 2024.

A absorção média de água para tijolos de solo-cimento deve ser inferior a 20%, conforme requisitos apresentados na ABNT NBR 8491:2012 (ABNT, 2012b). Os corpos de prova moldados a partir do traço de referência apresentaram absorção média de água de 20,67% (Figura 10), valor este ligeiramente acima do valor limite de absorção de água estabelecido na norma supracitada.



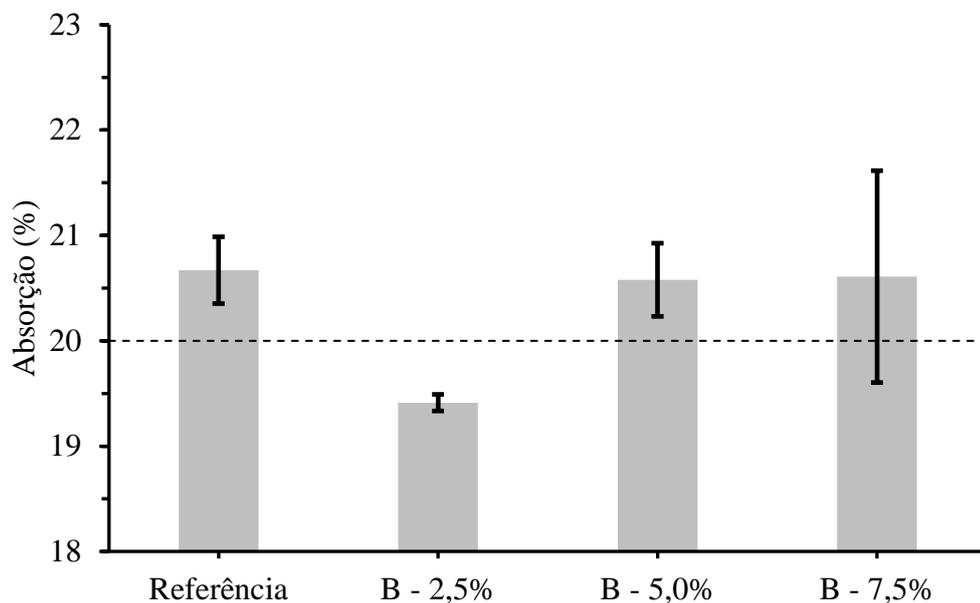
**Figura 10.** Absorção de água dos tijolos de solo-cimento com adição de gesso.

Fonte: Autores, 2024.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1985) os solos mais indicados para a fabricação de tijolos de solo-cimento são aqueles de constituição, predominantemente, arenosa contendo aproximadamente 70% de areia e 30% de argila. A quantidade de finos na mistura do presente trabalho foi de 42,90% (Figura 9) o que pode justificar a grande absorção de água nos tijolos, implicando assim também na diminuição da resistência à compressão dos tijolos.

Analisando a absorção de água dos corpos de prova com adição de resíduos de gesso, verificou-se que ao adicionar 5% de gesso no traço (G – 5%) a absorção de água foi de 19,17%, enquanto nos corpos de prova com adição de 10% de gesso (G – 10%) a absorção foi de 20,67% (Figura 10), a adição de gesso não elevou os valores de absorção de água dos corpos de prova.

Os corpos de prova com adição de 2,5% de borracha (B – 2,5%) apresentaram valor médio de absorção de água inferior a 20% (Figura 11), atendendo os requisitos da ABNT NBR 8491:2012, enquanto os corpos de prova com adição de 5,0 e 7,5 % (B – 5,0% e B – 7,5%), apresentaram absorção de água de 20,58 e 20,61%, respectivamente, apresentado assim valor de absorção de água superior a 20%, porém, esses valores são ligeiramente inferiores a absorção de água do corpos de prova do tratamento referência (Figura 11).



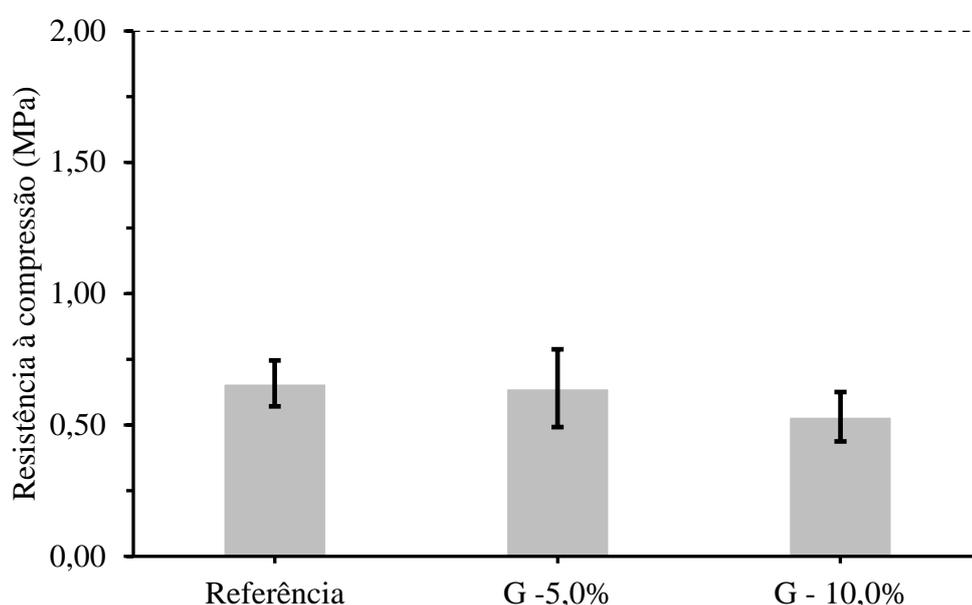
**Figura 11.** Absorção de água dos tijolos de solo-cimento com adição de borracha.

Fonte: Autores, 2024.

Ribeiro *et. al.* (2021), trabalharam com tijolos de solo-cimento com acréscimo de borracha de pneu e obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo com relação à

absorção de água. Os autores atribuíram esse comportamento devido a organização na forma de grumos dos resíduos de borracha o que torna os tijolos mais porosos, tornando assim, mais propensos a absorção de água.

Conforme descrito na ABNT NBR 8491:2012, a resistência média à compressão de um lote de tijolos de solo-cimento deve ser superior a 2 MPa para que sejam considerados adequados para utilização. Os corpos de prova moldados a partir do traço de referência apresentaram resistência à compressão de 0,66 MPa (Figura 12), valor este que corresponde apenas a 33% da mínima resistência a compressão que os corpos de prova deveriam apresentar.

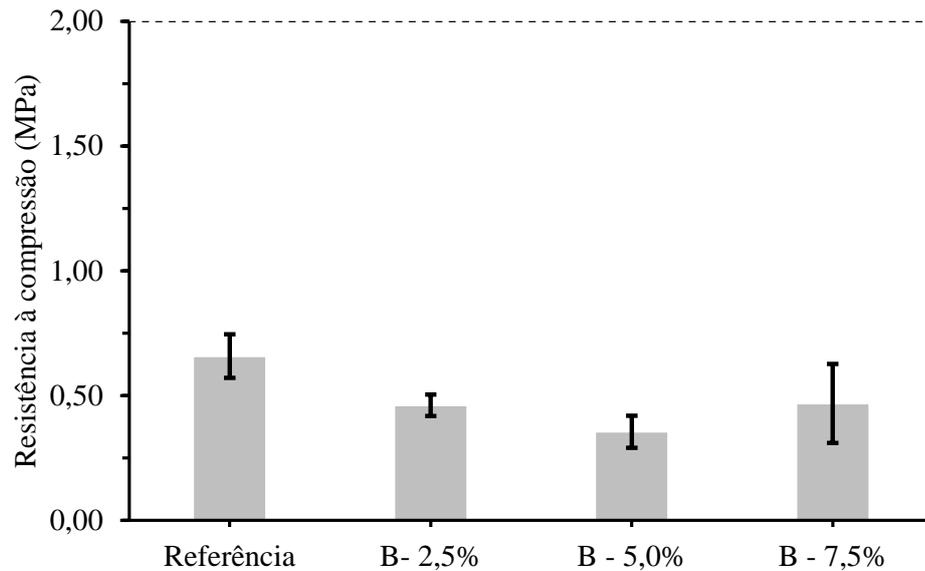


**Figura 12.** Gráfico de resistência a compressão dos tijolos com adição de gesso.

Fonte: Autores, 2024.

Os corpos de prova com adição de 5 e 10% de gesso (G - 5% e G - 10%) apresentaram resistência à compressão de 0,64 e 0,53 MPa, respectivamente, evidenciando que a adição de gesso não proporcionou aumento da resistência à compressão dos corpos de prova.

Os corpos de prova com 2,5% (B - 2,5%), com 5,0% (B - 5,0%) e com 7,5% (B - 7,5%) de adição de borracha apresentaram, respectivamente, 0,46 MPa, 0,36 MPa e 0,47 MPa de resistência à compressão, evidenciando também que adição de borracha não proporcionou aumento da resistência à compressão, inclusive influenciou de modo negativo, reduzindo os valores de resistência à compressão (Figura 13).



**Figura 13.** Gráfico de resistência a compressão dos tijolos com adição de borracha.

Fonte: Autores, 2024.

Ribeiro *et. al.* (2021), ao estudarem a adição de borracha em tijolos de solo-cimento também não obtiveram resistência à compressão acima de 2 MPa, sendo que ao adicionar 10% de borracha à resistência a compressão aumentou de 0,45 MPa para 0,48 MPa, no entanto, no tratamento com a adição 20% de borracha o resultado foi de 0,37 MPa.

Nenhum dos tratamentos atingiu a resistência mínima de 2,0 MPa, estabelecida na ABNT NBR 8491:2012.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode se concluir que:

- a mistura de 50% de solo com 50% de areia é adequada para corrigir a granulometria do solo de Dourados; e
- a mistura de solo e areia e o traço utilizado não proporcionou a obtenção de corpos de prova com resistência e absorção de água satisfatórios de acordo com a ABNT NBR 8491:2012.
- a adição de resíduos de gesso e de borracha não proporcionaram aumento da resistência à compressão; e
- a adição de resíduos de gesso e de borracha, de modo geral, não proporcionaram aumento de absorção de água.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, L. F.; FARIAS, B. M. Empregabilidade do gesso na construção civil. **Epitaya E-books**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 89-108, 2021. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/118>. Acesso em: 19 fev. 2024.

ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. de.; RAFULL, L. Z. L.; CORTEZ, J. W.; ORLANDO, R. C. Soybean agronomic performance and soil physical attributes under tractor traffic intensities. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 40, p. 113-120, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n1p61-68/2020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/zDmMyBVS8WBfkYgDCrJhRCH/abstract/?lang=en>. Acesso em: 05 maio 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **ABCP 1985**: Fabricação de Tijolos de Solo-Cimento com a Utilização de Prensas Manuais. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **ABCP 2000**: Fabricação de tijolos de solo-cimento com utilização de prensas manuais. Boletim técnico. Revisão 3.2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10833**: fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10834**: bloco de solo-cimento sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012d.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181**: solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8491**: tijolo solo-cimento: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8492**: tijolo de solo-cimento: análise dimensional, determinação de resistência a compressão e da absorção de água: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012c.

CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos Solos**: Teoria e Aplicações. 8. ed. Atualização: Paulo José Rocha de Albuquerque, Jean Rodrigo Garcia. Rio de Janeiro: LTC, 2022. *E-book*. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521638032/>. Acesso em: 05 jul. 2023.

CAVALCANTE, C. F. B.; MIRANDA, A. C. P. Estudo sobre as alternativas para gestão dos resíduos de gesso oriundos da construção civil. In: VII Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, Maringá. **Anais** [...]. Maringá: Cesumar, 2011. p. 1-4. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp->

content/uploads/sites/86/2016/07/claudio\_felipe\_boer\_cavalcante.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.

FERRAZ, A. L. N.; SEGANTINI, A. A. da S. Estudo da adição de resíduos de argamassa de cimento nas propriedades do solo-cimento. **Holos Environment**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 23–37, 2004. DOI: 10.14295/holos.v4i1.400. Disponível em: <https://www.ceanesp.br/holos/article/view/400>. Acesso em: 05 maio 2022.

GONÇALVES, B. A.; ALVES, M. V. **Utilização de resíduos de construção civil para correção granulométrica do solo de Dourados-MS para a fabricação de tijolos de solo cimento**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2023.

GUILERME JUNIOR, R. S. **Tijolos de adobe de solo-gesso com adição de resíduos de recapagem de pneu**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças, 2021. Disponível em: <http://bdm.ufmt.br/handle/1/1982>. Acesso em 11 mar. 2024.

JORDAN, R. A.; COSTA, M. V. da; MARTINS, E. A. S.; ROSA, M. A.; PETRAUSKI, A. Manufacture of soil-cement bricks with the addition of sugarcane bagasse ash. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, p. 26-31, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n1p26-31/2019>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162019000100026](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162019000100026). Acesso em: 25 ago. 2023.

NOVATO, F. G. S. A. **Tijolos de adobe de solo-cimento com adição de resíduo de recapagem de pneus**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças, 2019. Disponível em: <https://bdm.ufmt.br/handle/1/1058>. Acesso em: 5 nov. 2023

PEREIRA, R. R.; PAULA, H. M.; BONFIM, W. B.; SILVA, I. de A. C.; PINTO, H. S. D. Reciclagem de borracha de pneu e resíduo de concreiteira na produção de tijolos de concreto: dosagem e otimização. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 1-22, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210003.13027>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/PHw6Q77tTnHFR7bHQyydQgs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 mar. 2024.

PINHEIRO, R. J. B.; SOARES, J. M. D. Utilização de solos arenosos para obtenção de tijolos de solo-cimento. **Cerâmica industrial**, São Paulo, v. 15 n. 5-6, p. 30-36, 2010. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657447f8c9d6e028b4795>. Acesso em: 05 maio 2022.

RIBEIRO, V. A. S.; WERDINE, D.; BARBOSA, L. F.; PINHEIRO, M. V.; OLIVEIRA, A. F.; ALVES, A. L. Q.; SILVA, L. R. R. Tijolos solo cimento com acréscimo de resíduos de borracha de pneu. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 12, p. 1-13, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20504>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20504/18192>. Acesso em: 24 jan. 2024.

ROSA, M. A.; SANTOS, A. C. dos. Determinação de traço, com o solo da região de Cascavel-PR, para tijolos em solo-cimento. **Varia Scientia Agrárias**, *Cascavel*, v. 3, n. 1, p. 25–40,

2011. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascienciaagraria/article/view/5361>. Acesso em: 11 mar. 2024.

SANTI, E. P. N.; DEMUNER, I. M.; ROSA, L. E. L. S. **Reaproveitamento do resíduo de gesso proveniente da construção civil para produção do tijolo ecológico**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdades Integradas de Aracruz, Aracruz, 2017. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/592273287/2017-CEC-Ernani-gesso-Em-Blocos-Ecologicos> Acesso em: 18 fev. 2024

SEGANTINI, A. A. da S.; WADA, P. H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 179-183, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i2.9377>. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/9377/9377>. Acesso em: 05 maio 2022.

SILVA, S. R. da. **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUDB-8C5PAL/1/tijolos\\_de\\_solo\\_cimento\\_refor\\_ado...\\_sandra\\_regina\\_da\\_silva.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUDB-8C5PAL/1/tijolos_de_solo_cimento_refor_ado..._sandra_regina_da_silva.pdf). Acesso em: 11 mar. 2024.

SILVA, T. D.; PAULA, H. M. de; SILCA, D. da; CARVALHO, I. M.; FONTE, J. T.; PEREIRA, R. R. Uso de granulado de borracha em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de tijolo ecológicos. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 1-12, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170004.0239> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/JrtnfJbX5WJ7RCn7PHr9vQF/?format=pdf>. Acesso em 02 ago. 2023.

SILVEIRA, P. M.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; CASSOLA, S.; BORTOLUCCI, A. A.; PAULLI, L.; VILLA, F. M. D.; Estudo do comportamento mecânico do concreto com borracha de pneu. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro v. 21, n. 2, p. 416-428, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620160002.0039>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/5125>. Acesso em: 20 fev. 2024

SOUZA, B. I. M.; **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de Solo-Cimento**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/556fa0f6-7d29-4171-8f0a-fb9a21a6d2e7>. Acesso em: 28 de ago. 2023.

WEBER, E.; CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T.; Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil. **Ignis**, Caçador, v. 6, n. 2, p. 18-34, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ignis/article/view/1178>. Acesso em: 18 fev. 2024