

AValiação de uma mistura de solo argiloso e arenoso do interior do Mato Grosso do Sul destinado à fabricação de tijolos solo-cimento

Andressa de Sá Morande (UEMS) E-mail: andressa_samorande@hotmail.com

Renata Prandi Moya Vital da Silva (UEMS) E-mail: renata.moya@hotmail.com

Paulo Sidnei Stringhini Junior (UEMS) Email: paulostringhini@gmail.com

Greicieli de Lima Zandoná Godoy (UEMS) Email: greici@uems.br

Aguinaldo Lenine Alves (UEMS) Email: lenine@uems.br

Margarete Soares da Silva (UEMS) Email: margaret@uems.br

Resumo: A crescente procura por materiais ecológicos, para a construção, gera a necessidade de pesquisas e conhecimentos, cada vez mais profundos, sobre o tema. Com o anseio de diminuir os impactos ambientais, os tijolos de solo-cimento, ou tijolos ecológicos, ganharam visibilidade pelas vantagens associadas à não existência de um processo de queima do material e à possibilidade de incorporação de resíduos na sua composição. Para a produção desse tipo de tijolo são utilizados solo, cimento e água, sendo o solo o item de maior quantidade na mistura. A partir disso, surge a necessidade de se analisar os solos, e as misturas provenientes destes, para verificação de características químicas, físicas e granulométricas. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a possibilidade de uso de uma mistura de solos: argiloso e arenoso (na proporção de 1x7, respectivamente), provenientes do interior do Estado de Mato Grosso do Sul, para posterior fabricação de tijolos solo-cimento. Os resultados mostraram que o solo resultante da mistura, ainda é essencialmente argiloso, com teor de matéria orgânica de 1,16% e teor de umidade de 11,32%, evidenciando a necessidade de dosar a quantidade de água a ser adicionada para melhorar os resultados mecânicos e diminuir a quantidade de vazios que poderiam ser formados nos tijolos produzidos.

Palavras-chave: Análise de solo, Granulometria, Textura, Teor de matéria orgânica.

EVALUATION OF A MIXTURE OF CLAY AND SANDY SOIL IN THE COUNTRYSIDE OF MATO GROSSO DO SUL INTENDED FOR THE MANUFACTURING OF SOIL-CEMENT

Abstract: The growing demand for ecological constructions materials generates a need for increasingly in-depth research and knowledge on the subject. With the desire to reduce environmental impacts, soil-cement bricks, or ecological bricks, gained visibility due to the advantages associated with the no burning process and the possibility of using waste into their composition. To produce this type of brick, soil, cement, and water are used, with soil being the most consumed item in the mixture. From this, the need arises to analyze the soils and the mixtures from them, to check their chemical, physical and granulometric characteristics. Therefore, this research aimed to evaluate the possibility of using a mixture of soils: clayey and sandy (in the proportion of 1x7, respectively), from the interior of Mato Grosso do Sul, for subsequent production of soil-cement bricks. The results showed that the soil resulting from the, mixture is still essentially clayey, with an organic matter content of 1,16% and a moisture content of 11,32%, highlighting the need to measure the amount of water to be added to improve the mechanical results and reduce the amount of voids that can be formed in the bricks.

Keywords: Soil analysis, Granulometry, Texture, Organic matter content.

1. Introdução

A demanda pela criação de materiais de construção ecológicos tem aumentado substancialmente devido às grandes preocupações em torno do meio ambiente e da redução da extração de recursos naturais. Nesse sentido, os tijolos de solo-cimento se tornaram uma solução promissora por causa dos benefícios ecológicos e da produção simplificada.

(EUPHROSINO, JACINTHO, PIMENTEL *et al.*, 2022; KONGKAJUN, LAITILA, INEURE *et al.*, 2020).

Os tijolos de solo-cimento começaram a ganhar visibilidade no cenário nacional quando foram apresentadas vantagens importantes deste material em relação aos tijolos comuns. Dentre elas: não passam pelo processo de queima, o que está associado à redução das emissões dos gases de efeito estufa, e ainda possuem a possibilidade de incorporação de diversos resíduos que poderiam ser descartados na natureza (SILVA, CECCHIN, AZEVEDO *et al.*, 2021).

Atualmente existem vários estudos analisando algumas propriedades deste material incorporado com algum tipo de resíduo, como é o caso da incorporação de cinza de madeira, pó de pedra residual e efluentes industriais (ÂNGELO & SIMÕES, 2023).

Para a fabricação dos tijolos de solo-cimento são necessários três itens básicos: solo, cimento e água. A utilização do cimento na preparação destes faz com que também sejam conhecidos como materiais cimentícios, como é o caso, também, dos concretos e argamassas (BARROS, 2023).

O solo, utilizado em maior quantidade que os demais itens, precisa ser corrigido granulometricamente, quando é considerado essencialmente argiloso. Esse processo, chamado de estabilização física, é realizado com a adição de areia ou de outro solo arenoso, para que a qualidade final do produto não seja afetada (CAMPOS, NASCIMENTO JUNIOR, & BRITO, 2019). Normalmente, solos arenosos necessitam de menores teores de cimento para a sua estabilização porque esses grãos fornecem aos solos atrito interno e geram melhor comportamento mecânico (GRANDE, 2003).

Nesse sentido, o estudo realizado teve como objetivo analisar as características químicas, físicas e granulométricas de uma mistura contendo solo argiloso e arenito (SM) com as do solo argiloso puro (SA), quanto às características mais adequadas para a produção de tijolos solo-cimento, para uso na construção civil.

2. Materiais e métodos

Para realizar o estudo foi utilizado um solo essencialmente argiloso (SA), o latossolo vermelho argiloso, coletado nas imediações da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), localizada na cidade Dourados/MS, e um outro solo essencialmente arenoso (um arenito), coletado na cidade de Itaporã/MS. Ambos foram acondicionados em embalagens plásticas e levados para o Centro de Pesquisas em Materiais (CEPEMAT) da UEMS.

Os solos passaram pelo processo da secagem em estufa, sob temperatura de (105 ± 5) °C, conforme determina a NBR 9778/2009 e, posteriormente, passaram pelo processo de moagem. Após, parte do solo argiloso (SA) foi reservado para uso, e a outra parte foi separada para a mistura com arenito. Esses solos foram, então, misturados na proporção de 1x7, uma medida do solo argiloso, para sete medidas de arenito, formando o solo que chamamos de SM.

2.1 Ensaio de Granulometria

Este ensaio foi realizado duas vezes para cada tipo de solo (SM e SA).

A determinação da composição granulométrica foi feita seguindo a NBR 17054/2022, utilizando equipamentos como balança semi-analítica, estufa e um conjunto de peneiras de 4,76 mm a 150 μ m.

Para realizar o ensaio, primeiramente, as peneiras foram limpas para remoção de qualquer resíduo que pudesse estar presente. A seguir foram dispostas com abertura de malha em ordem decrescente, colocou-se 500g de solo e agitou-se o conjunto de peneiras para que o material fosse sendo separado de acordo com a granulometria.

Depois, a peneira de 4,76 mm foi retirada e o conteúdo retido foi pesado para determinação da sua massa. A porção passante que ficou na parte inferior da peneira foi cuidadosamente passada para a peneira de 2,38 mm com o auxílio de um pincel de cerdas macias. Esse processo foi executado em todas as peneiras, sempre anotando-se os valores de massa retida. Posteriormente, determinou-se os valores dos percentuais do material retido e acumulado. Os módulos de finura foram obtidos por meio do cálculo do valor médio das porcentagens de material retido e acumulado, nos dois ensaios. O cálculo é realizado de acordo com a equação

$$M.F. = \Sigma(\text{Média}_{\text{massa retida e acumulada}})/100 \quad (1)$$

Onde:

$M.F.$ = módulo de finura (adimensional).

2.2 Ensaio de Densidade de Partículas

O ensaio de densidade de partículas foi realizado no laboratório de física dos solos, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). A metodologia utilizada foi proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo (VIANA, TEIXEIRA & DONAGEMMA, 2017).

Esse ensaio envolve a determinação da massa e do volume da amostra. A massa da amostra é obtida pela pesagem após a secagem da mesma. O volume da amostra é obtido por meio da diferença do volume de um líquido, no caso álcool etílico, necessário para preencher o balão volumétrico vazio e o volume do líquido necessário para preencher o balão volumétrico contendo a amostra seca. Esse ensaio foi realizado em quintuplicatas, tanto para SM, quanto para SA. A equação para determinação da densidade de partículas é a seguinte:

$$D_p = \frac{m_a}{(V_t - V_u)} \quad (2)$$

Onde:

D_p = densidade de partículas $\left(\frac{kg}{dm^3}\right)$;

m_a = massa da amostra seca a 105° C (g);

V_t = volume total do balão (mL);

V_u = volume utilizado para completar o balão com a amostra (mL).

2.3 Ensaio de Umidade Atual do Solo

Esse ensaio foi realizado no Laboratório de Caracterização Mecânica do CEPEMAT/UEMS, com base na metodologia do Manual de Métodos de Análise do Solo (VIANA, TEIXEIRA & DONAGEMMA, 2017), e para sua realização foram utilizadas estufa e balança.

O princípio do ensaio é determinar o teor de umidade presente em uma amostra de solo transportada em embalagem impermeável e vedada. O ensaio se inicia ao pesar o solo em lata de alumínio numerada e de massa conhecida, transferir para a estufa à 105-110 °C, e deixar a amostra em estufa por um período de 24 horas. Após, a amostra é retirada da estufa, colocada em dessecador até esfriar e, pesada novamente. Esse ensaio foi realizado em quintuplicatas, tanto para SM, quanto para SA

A equação para determinação da umidade atual é a seguinte:

$$U = 100\left(\frac{a-b}{b}\right) \quad (3)$$

Onde:

U = umidade (adimensional);

a = massa da amostra úmida (g);

b = massa da amostra seca (g).

2.4 Ensaio do Teor de Matéria Orgânica

O ensaio do teor de matéria orgânica também foi feito na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foi baseado na oxidação do material orgânico a CO_2 , por íons dicromato (solução de $Na_2Cr_2O_7$), em meio fortemente ácido. A determinação foi feita por colorimetria, a qual realiza a leitura direta da intensidade da cor verde dos íons cromo, em um espectrofotômetro (WALKLEY & BLACK, 1934; QUAGGIO & RAJJ, 1979).

O ensaio consiste no uso de amostras de solo trituradas em gral que passam na peneira de 80 mesh. Para cada repetição é utilizado 0,5 g de solo, colocado em erlenmeyer de 250 mL, onde são adicionados 10 mL da solução de dicromato. É utilizado um tubo de ensaio de 25 mm de diâmetro e 250 mm completos de água, o qual funciona como condensador. Depois, aquece-se uma placa elétrica até fervura branda do material, e deixa-se esfriar. Após, junta-se 80 mL de água destilada e o indicador de difenilamina, só após é feita a leitura da intensidade da cor (VIANA, TEIXEIRA & DONAGEMMA, 2017). Esse ensaio foi realizado em triplicatas, tanto para SM, quanto para SA.

2.5 Ensaio de Difração de Raios-X

Este ensaio foi realizado no Laboratório Multidisciplinar de Análises Espectroscópicas (LAMAE) da UEMS em Dourados – MS, em um difratômetro de raios-X da marca Rigaku, modelo Miniflex. O equipamento conta com um gerador de raios-X de 40 kV com tubo de cobre (Cu) e detector HPAD (HyPix-400 MF 2D). Para este ensaio foi utilizada uma amostra de SM e uma amostra de SA. As medidas foram feitas com ângulo de varredura 2θ entre 10° e 70° . Os resultados obtidos foram refinados pelo método Rietveld (RIETVELD, 1969), para identificação e quantificação das principais fases cristalinas dos argilominerais, presentes no material.

3. Resultados e discussão

3.1 Ensaio de Granulometria do Solo

Peneiras (mm)	ENSAIO 1			ENSAIO 2			Média massa retida e acumulada (%)
	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida e acumulada (%)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida e acumulada (%)	
4,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,38	14,85	4,95	4,95	13,79	4,60	4,60	4,78
1,18	18,07	6,02	10,97	16,76	5,59	10,19	10,58
0,60	32,33	10,78	21,75	27,12	9,04	19,23	20,49
0,30	63,57	21,19	42,94	69,26	23,10	42,33	42,64
0,15	137,48	45,83	88,77	140,46	46,85	89,18	88,98
Fundos	33,67	11,22	99,99	32,44	10,82	100,00	100,00
Total (g)	299,97	99,99	99,99	299,83	100,00	100,00	

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de granulometria para SM.

Fonte: Próprio autor.

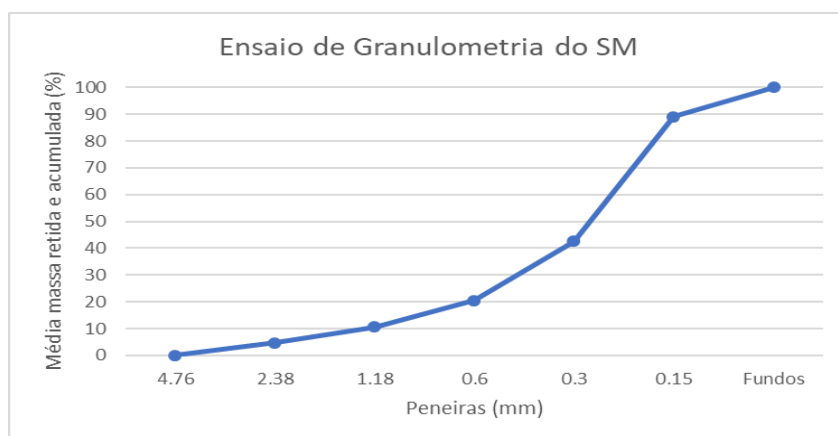


Figura 1 – Ensaio de granulometria para SM.

Fonte: Próprio autor.

Peneiras (mm)	ENSAIO 1			ENSAIO 2			Média massa retida e acumulada (%)
	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida e acumulada (%)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida e acumulada (%)	
4,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,38	21,56	7,19	7,19	19,80	6,60	6,60	6,90
1,18	53,77	17,93	25,12	53,26	17,76	24,36	24,75
0,60	57,97	19,33	44,45	57,91	19,31	43,67	44,06
0,30	67,80	22,60	67,05	66,53	22,18	65,85	66,46
0,15	56,06	18,69	85,74	56,11	18,71	84,56	85,15
Fundos	42,80	14,26	100,00	46,28	15,43	99,99	100,00
Total (g)	299,96	100,00	100,00	299,89	99,99	99,99	

Tabela 2 – Resultados dos dois ensaios de granulometria para SA.

Fonte: SILVA (2023)

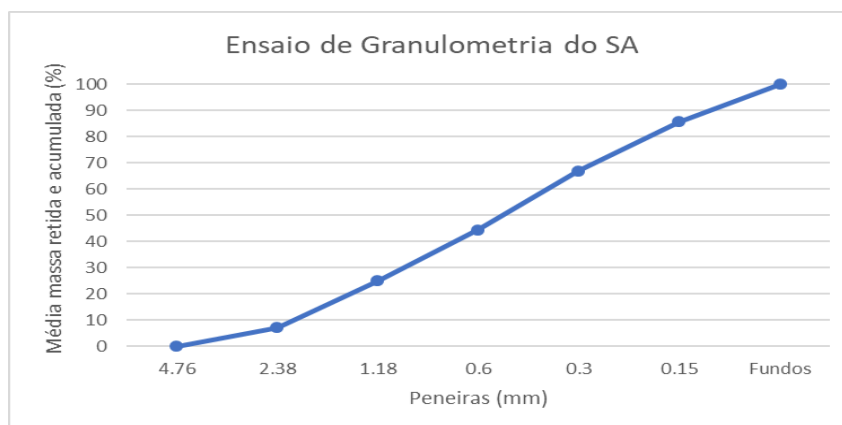


Figura 2 – Ensaio de granulometria para SA.

Fonte: Próprio autor.

Verificou-se que SM e SA passam, totalmente (100%), na peneira de 4,76 mm (peneira n° 4), como recomendado pela NBR 10833/2012 (ABNT, 2012).

O módulo de finura, descrito pela NBR 7211/2022, classifica os agregados em zona ótima de utilização, com módulo de finura variando de 2,20 a 2,90, zona utilizável inferior, com módulo de finura variando de 1,55 a 2,20, e módulo de finura da zona utilizável superior, variando de 2,90 a 3,50.

O módulo de finura do SM é de 1,67. Conforme a NBR 7211/2022 este se encontra na zona utilizável inferior, e é caracterizado como um solo fino. O módulo de finura de SA é igual a 2,28, este se encontra na zona ótima de utilização como agregado. O solo mais fino contribui para a moldagem de materiais cimentícios, o que facilita a fabricação dos tijolos.

3.2 Ensaio de Densidade de Partículas do Solo

Amostras	Média ± Desvio Padrão
SM	2,74 ± 0,13
SA	2,75 ± 0,23

Tabela 3 – Resultado do ensaio de densidade de partículas para SM e SA.
Fonte: Próprio autor.

A densidade de partículas mede a densidade média das partículas minerais e orgânicas, sendo esta relacionada ao volume efetivamente ocupado pelas partículas sólidas, desconsiderando a porosidade (VIANA, TEIXEIRA & DONAGEMMA, 2017). Os valores de densidade de partículas geralmente são expressos em g/cm³ e variam entre 2,3 e 3,0 g/cm³. Isso acontece porque as densidades dos principais componentes minerais do solo: quartzo, feldspatos e argilas silicatadas, ficam próximas destes valores (YADA JUNIOR, 2014), por isso os valores de densidade de partículas para SM e SA são tão parecidos, como apresenta a tabela 2. sendo a média calculada em 2,74±0,13 g/cm³, para SM e 2,75 ± 0,23 g/cm³ para SA.

3.3 Ensaio de Umidade Atual do Solo

Amostras	Média ± Desvio Padrão
SM	11,32 ± 0,34
SA	5,22 ± 0,19

Tabela 4 – Resultado do ensaio de umidade atual para SM e SA.
Fonte: Próprio autor.

Determinar o teor de umidade de um solo é importante porque esta pode influenciar nos resultados de resistência à compressão simples de materiais cimentícios, como é o caso dos concretos, argamassas e tijolos solo-cimento. Por mais que o solo passe pelo processo de secagem em estufa, por 24 horas, determinar a umidade atual facilita na determinação da quantidade de água que deve ser adicionada à mistura que dará origem a esses produtos. (OLIVEIRA & ARAÚJO, 2023). A partir da análise dos resultados nota-se que o SM possui umidade significativamente maior que o SA. O poder de retenção de umidade em solos arenosos é menor que o de solos argilosos. Como constatou-se uma maior retenção de

umidade em SM é possível inferir que o arenito, na proporção utilizada, não elevou, de forma considerável, o teor de areia na mistura. Assim, também é possível inferir que o fator água/cimento máximo para esse tipo de solo deverá ser de 0,8, no caso da produção de materiais cimentícios, para que não haja aumento excessivo do teor de umidade. (PEQUENO, LEÔNIDAS, MENDES *et al.*, 2002; DOS SANTOS, 2016).

Santiago *et al.*, 2012 ao realizarem um estudo do fator água/cimento para a confecção de tijolos com incorporação de resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais perceberam que as amostras que obtiveram maiores valores de resistência à compressão simples utilizavam relação água/cimento de até 0,86. Valores superiores começavam a gerar diminuição de resistência à compressão, e consequentemente, diminuição dos demais resultados de ensaios mecânicos para os materiais cimentícios.

3.4 Ensaio do Teor de Matéria Orgânica do Solo

Amostra	Média ± D.P (g/kg)	Média ± D.P (%)
SM	11,6 ± 0,9	1,16 ± 0,09
SA	32,76 ± 1,23	3,28 ± 0,12

Tabela 5 – Resultado do ensaio do teor de matéria orgânica para SM e SA.

*Média ± D.P = média ± desvio padrão;

Fonte: Próprio autor.

A matéria orgânica nos solos pode prejudicar a qualidade do tijolo porque esses solos podem sofrer com a ação do meio pela alcalinidade elevada, vindo a alterar a estabilização do solo como matéria-prima, e consequentemente, prejudicar os resultados dos ensaios mecânicos (GRANDE, 2003). Por isso, o teor de matéria orgânica nos solos utilizados na produção de tijolo solo-cimento deve ser baixo, com um limite máximo de segurança de 2%, apesar de existirem casos bem-sucedidos utilizando solos com até 5% de matéria orgânica (BLUCHER, 1951).

O teor de matéria orgânica para o SA é maior que o especificado pelo limite de segurança, no entanto, para o SM, o teor de matéria orgânica fica dentro do limite estabelecido, sendo preferível a utilização desse solo para a produção de materiais cimentícios.

3.5 Ensaio de Difração de Raios-X

No ensaio de difração de raios-X do SM notou-se a presença de quartzo, scawtita e hematita. A maior fase detectada foi a de quartzo, mineral com pico intenso localizado em 26,7°. A presença deste mineral na composição do solo é importante para a produção de materiais cerâmicos e cimentícios porque atua como desplastificante, diminuindo a quantidade de água necessária para promover a conformação (DELUNARDI, 2019). Esse pico do quartzo, assim como na pesquisa de Leite (2012), com alto grau de cristalinidade, é de ocorrência bastante comum em Latossolos. Nesse mesmo tipo de solo é comum se encontrar óxidos de ferro, como a hematita. A scawtita, por sua vez, é formada por silicocarbonatos de cálcio. Esse tipo de mineral é formado a partir da argila submetida a altas temperaturas (acima de 100° C) (PONTES, 2011). Também é encontrado em misturas cimentícias, após a cura do material, no entanto, a formação excessiva desse tipo de silicocarbonato de cálcio pode reduzir a resistência mecânica de produtos oriundos de misturas cimentícias, o que não é interessante no caso da produção dos tijolos (SOUSA, 2019). Como não há formação de picos intensos de

scawtita, infere-se que este não irá impactar, de forma significativa, nas características mecânicas dos tijolos.

No ensaio de difração de raios-X do SA notou-se a presença do quartzo, hematita, esmectita e caulinita. A esmectita é um argilomineral que possui como característica a expansibilidade e a aderência de matéria orgânica entre suas camadas estruturais, fator bastante característico de solos argilosos e que corrobora com a presença maior de matéria orgânica em SA (DEER, HOWIE, & ZUSSMAN, 2000). A caulinita é um mineral responsável pela melhora da fluidez de materiais cimentícios, mas que pode levar a diminuição da resistência mecânica (MENDONÇA, DE SOUZA, LIRA *et al.*, 2021).

Tomando como base os minerais presentes em SM e SA é possível notar que ambos possuem vantagens e desvantagens em relação à produção de materiais cimentícios, logo, a escolha deve ser feita a partir das características necessárias para garantia de eficiência do produto final, o tijolo solo-cimento.

4. Conclusões

A partir do SM nota-se a existência de um solo mais fino, com maior poder de retenção de água e baixo teor de matéria orgânica (cerca de 1%). Esse solo pode garantir aos tijolos solo-cimento características desplastificantes, com possibilidades menores de diminuição dos resultados dos ensaios mecânicos, se a quantidade de água adicionada for controlada. Garantir bons resultados no ensaios mecânicos é um fator importante para materiais do setor da construção civil.

Analisando SA, nota-se a existência de um solo com partículas maiores, com menor poder de retenção de água e teor médio de matéria orgânica (cerca de 3%). Esse solo também pode garantir aos tijolos solo-cimento características desplastificantes, mas existe uma possibilidade maior de diminuição dos resultados dos ensaios mecânicos pela maior presença de matéria orgânica e menor retenção de água, o que pode prejudicar a hidratação do cimento dos tijolos. Ambos os fatores não invalidam a possibilidade de utilização de SA na produção dos tijolos solo-cimento, já que a quantidade de água adicionada pode influenciar na hidratação do cimento e o teor de matéria orgânica ainda não supera o valor de 5% (indesejado para a produção de tijolos solo-cimento). Como esse solo possui maior teor de matéria orgânica também é preciso se atentar durante o preparo dos tijolos para que não haja formação excessiva de vazios.

Referências

ÂNGELO, F. A., & SIMÕES, G. F. (2023). Tijolos ecoeficientes de barro cru com resíduos sólidos e efluente industrial utilizando tecnologias não convencionais. *Ambiente Construído*, v. 23, n. 02.

BARROS, Y. L. (2023). *TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO SOLO POR LAMA DE ALTO-FORNO*. Vitória, ES, Brasil: Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo.

BLUCHER, E. (1951). *Mecânica dos Solos para Engenheiros Rodoviários*. São Paulo: Blucher.

CAMPOS, A., NASCIMENTO JUNIOR, J. B., & BRITO, L. T. (2019). Comportamento estrutural de tijolos de solo-cimento utilizando diferentes fontes de água e métodos de cura. *Interações*, v. 20, n. 01.

DEER, W. A., HOWIE, R. A., & ZUSSMAN, J. (2000). *Minerais constituintes das rochas: uma introdução*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

DELUNARDI, L. D. (2019). *Desenvolvimento e caracterização de tijolo de solo-cimento*

com adição de resíduo do corte de rochas ornamentais com fio diamantado. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Sustentáveis) – Instituto Federal do Espírito Santo.

DOS SANTOS, N. N. (2016). *Análise da variação da resistência à compressão do concreto estrutural devido à perda de água na mistura do concreto no semiárido nordestino*. Delmiro Gouveia, AP, Brasil: Monografia (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas.

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

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

KONGKAJUN, N., LAITILA, E. A., & INEURE, P. (2020). Soil-cement bricks produced from local clay brick waste and soft sludge from fiber cement production. *Case studies in construction*.

LEITE, W. C. (2012). *Qualidade do Refinamento do Método de Rietveld em Amostras de Solo*. Ponta Grossa, PR, Brasil: Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MENDONÇA, A. M., DE SOUZA, L. M., & LIRA, Y. C. (2021). Resíduo de caulim como material alternativo para a produção de blocos de tijolos solo-cimento. *Brazilian Journal of Development*.

OLIVEIRA, A. L., & ARAÚJO, R. C. (2023). Estabilização do solo com adição de cimento para fins de pavimentação em vias de baixo volume de tráfego. *Revista de Engenharia e Tecnologia*.

PEQUENO, P. L., LEÔNIDAS, F. C., & MENDES, A. M. (2002). *Água disponível do solo: algumas características físicas do solo importantes para quantificação*. Porto Velho, RO, Brasil: Embrapa-CPAF Rondônia.

PONTES, J. M. (2011). *Reatividade de Pozolanas para Argamassas e Betões*. Lisboa, Portugal: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Nova de Lisboa.

QUAGGIO, J., & RAJJ, B. (1979). Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, p. 184-187.

RIETVELD, H. M. (1969). A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. *Journal of Applied Crystallography*, p. 65-71.

SANTIAGO, N. O., OLIVEIRA, D. F., & SOUSA, A. A. (2012). Estudo do fator água/cimento para a confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento incorporados com resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais. *Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB*.

SILVA, R. P. (2023). *Avaliação da possibilidade da incorporação de filtros de cigarro em compósitos solo-cimento através de caracterizações físico-mecânicas*. Dourados, MS, Brasil: Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul.

SILVA, T. R., CECCHIN, D., & AZEVEDO, A. R. (2021). Technological Characterization of PET – Polyethylene Terephthalate. *Materials*, v. 14, n. 17.

SOUSA, L. R. (2019). *Avaliação de pastas de cimento contendo resíduo de craqueamento catalítico (ECAT) em exposição à névoa salina e ao dióxido de carbono supercrítico*.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia.

TÉCNICAS, A. B. (2022). *NBR 17054: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de Ensaio.* . Rio de Janeiro.

TÉCNICAS., A. B. (2009). *NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.* Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

TÉCNICAS., A. B. (2012). *NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento.* Rio de Janeiro.

TÉCNICAS., A. B. (2022). *NBR 7211: Agregados para concreto - Requisitos.* Rio de Janeiro.

VIANA, J. H., G., T. W., & DONAGEMMA, G. K. (2017). *Manual de Métodos de Análise do Solo.* Brasília: Embrapa.

WALKLEY, A., & BLACK, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Science*, p. 29-38.

YADA JUNIOR, G. M. (2014). *Propriedades geotécnicas do solo sob o depósito de resíduos de Rolândia-PR.* Londrina, PR, Brasil: Monografia (Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.