

## ESTUDO DA ADIÇÃO DE CINZA DE OLARIA EM BLOCOS MODULARES DE SOLO-CIMENTO

Marcella de Sá Leitão Assunção (\*), Giulia Cristine Costa de Macêdo, Ana Clara Costa e Silva, Rillary Gudmila Barbosa Quirino

\* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, [marcella.assuncao@ifrn.edu.br](mailto:marcella.assuncao@ifrn.edu.br)

### RESUMO

O Brasil é o segundo maior produtor de cerâmica do mundo. As olarias, locais onde ocorrem todos os processos de fabricação das cerâmicas, não são só conhecidas pelos produtos que produzem, mas também pela quantidade excessiva de resíduos gerados durante a etapa na queima. Esses resíduos, conhecidos como cinza de olaria são, na maioria das vezes, descartados de forma incorreta no meio ambiente. Visando uma destinação ambientalmente adequada, esse trabalho produziu blocos modulares de solo-cimento, com adição de cinza de olaria em substituição ao agregado, nos teores de 10, 15 e 20% e comparou seu comportamento com o traço de referência. A partir dos blocos moldados foram realizados os ensaios de resistência à compressão simples, absorção de água e análise dimensional. Os resultados apontaram que o traço com 10% de cinza aumentou a resistência mecânica do bloco sem interferir consideravelmente nas suas condições de absorção de água.

**PALAVRAS-CHAVE:** solo-cimento; bloco modular; cinza de olaria; propriedades mecânicas

### INTRODUÇÃO

O setor da indústria cerâmica possui grande destaque no Brasil, e de acordo com a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER), existem mais de seis mil empresas do ramo no país, que juntas faturam cerca de R\$ 18 bilhões. Esse cenário coloca o Brasil como segundo maior produtor de cerâmica do mundo (ANICER, 2019).

As empresas do setor cerâmico possuem uma cadeia produtora com grande geração de resíduo, dispostos na natureza sob a forma de gás e sólidos que geram grandes impactos ambientais. Seu processo de produção começa na extração da argila nas jazidas, passando pela preparação da massa, conformação das peças, secagem e termina com a queima. É nessa etapa que é utilizada, predominantemente, a lenha como combustível, o que gera as chamadas cinzas de olaria (CZO).

Dados do último Balanço Energético Nacional (EPE, 2016), do Ministério de Minas e Energia, apontam que o consumo nacional de lenha foi de 79,10 milhões de toneladas, gerando cerca de 2,37 milhões de toneladas de cinzas, correspondente a 3% do peso inicial. A produção de cerâmica consome 7,46 milhões de toneladas desse valor total, equivalente a quase 10% de toda lenha consumida no país.

O destino dessa cinza é diverso e depende da fiscalização local e compromisso ambiental da empresa, sendo, muitas vezes, disposta no solo ou utilizada para fertilização de solos degradados.

Como alternativa, estudos apontam um potencial para utilização como insumo em argamassas (GOMES DA SILVA et al., 2015) e em blocos de solo-cimento (NOGUEIRA NETO et al., 2018). A primeira pesquisa obteve aumento de 25% da resistência à compressão em argamassas com adição de cinza de olaria, quando comparadas à argamassa convencional.

Ao realizarem análises do índice de atividade pozolânica, Gomes da Silva et al (2016) e Nogueira Neto et al (2018), obtiveram valores em torno de 35%, encontrando-se fora dos padrões contidos na NBR 5752 (ABNT, 2014), descartando assim seu uso em substituição ao aglomerante.

A incorporação da cinza aos blocos de solo-cimento apresenta inúmeras vantagens, pois esse produto não necessita passar pelo processo de queima, possui resistência superior ao tijolo cerâmico tradicional, além do assentamento rápido e prático, feito por encaixe com pouco consumo de argamassa para assentamento. A NBR 10833 normatiza a confecção desses blocos e admite o uso de adições à mistura, em proporções que não altere suas propriedades mecânicas.

Visando a redução dos impactos ambientais decorrentes do descarte indevido dessa cinza, esta pesquisa tem como objetivo analisar a viabilidade de produzir blocos modulares de solo-cimento, com adição de CZO, em substituição ao agregado.

## OBJETIVOS

Esse trabalho teve como objetivo analisar as propriedades físicas e mecânicas de blocos modulares de solo-cimento com a adição de cinza, proveniente da queima de mata nativa de olarias (CZO), em substituição ao agregado, nos teores de 10, 15 e 20%.

## METODOLOGIA

Os procedimentos experimentais foram executados conforme fluxograma apresentado na Figura 1. A seguir detalharemos o procedimento executivo para a confecção dos blocos modulares de solo-cimento com adição da cinza de olaria.



Figura 1: Fluxograma dos procedimentos experimentais. Fonte: Autor do Trabalho.

### I. Seleção da matéria-prima

Para a confecção dos blocos modulares de solo-cimento desta pesquisa, foram coletados o solo no município de Arez/RN e a cinza de uma olaria no município de São Gonçalo do Amarante/RN. Estes insumos passaram por processo de caracterização para posterior definição de traço.

### II. Caracterização dos insumos

As amostras de solo coletadas atenderam às recomendações da NBR 6457 (ABNT, 2016) e às características recomendadas pela NBR 10.832 (ABNT, 2003a). A caracterização foi realizada através dos parâmetros descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Ensaios de caracterização dos insumos realizados

ENSAIO	MÉTODO	REFERÊNCIA
Análise granulométrica	NBR 7181	ABNT, 2016a
Limites de plasticidade	NBR 7180	ABNT, 2016b
Limite de liquidez	NBR 6459	ABNT, 2016c

A cinza de olaria foi peneirada na peneira número 200 (75 $\mu$ m), para atingir um módulo de finura elevado de modo a atuar como filler no bloco. A caracterização mineralógica, para determinar sua composição química foi feita por Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS) e a sua microestrutura foi determinada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

### III. Dosagem

A partir dos dados de caracterização do solo foi feita a dosagem do traço e a determinação do fator água-cimento. O traço obtido (1,00:7,00) foi nomeado de traço de referência (TR), e a partir dele foram incorporados os teores de 10, 15 e 20% de cinza de olaria (CZO) em substituição ao agregado, definindo outros três traços, chamados de T10, T15 e T20, respectivamente.

### IV. Moldagem dos blocos

Os blocos de solo-cimento foram confeccionados em prensa manual, de acordo com a NBR 10833 (ABNT, 2012). Para cada traço foram confeccionados 5 (cinco) blocos, que foram caracterizados conforme parâmetros a seguir.

### V. Análise das propriedades dos blocos

Os ensaios seguiram conforme as especificações da NBR 8492 (ABNT, 2012), para o período de cura de 7 dias.

**Tabela 2. Ensaios realizados nos blocos modulares**

ENSAIO	MÉTODO	REFERÊNCIA
Absorção de água		
Resistência à compressão	NBR 8492	ABNT, 2012
Análise dimensional		

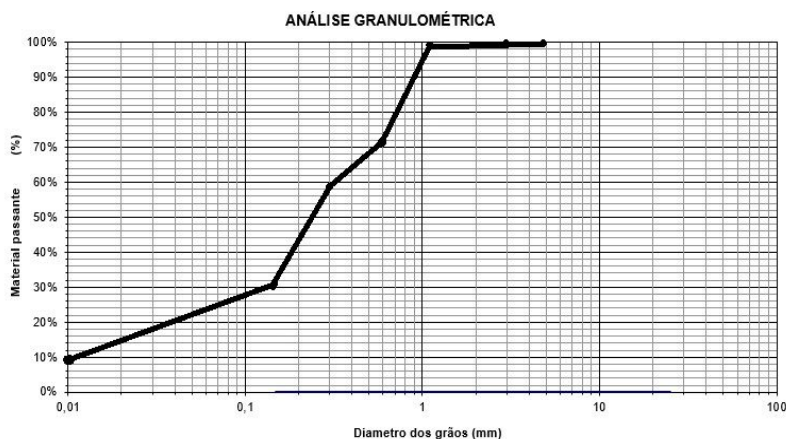
## RESULTADOS

A seguir detalhamos os resultados obtidos na pesquisa:

### I. Caracterização do solo

#### a) Granulometria

O ensaio de granulometria serviu para a determinação, a partir das porcentagens retidas e passantes nas peneiras indicadas na NBR 6502 (ABNT, 1995), da variedade dos diâmetros presentes nas partículas do solo, assim como defini-lo entre argila, silte, areia fina ou areia grossa. A curva granulométrica estabelecida indica que o solo utilizado na pesquisa é arenoso.



**Figura 2: Curva Granulométrica. Fonte: Autor do Trabalho.**

O mesmo apresentou percentual de 100% passante do seu conteúdo na peneira 4,8mm e percentual de finos entre 10% e 50%. Sendo assim, o solo atinge os requisitos que a NBR 10.832 (ABNT, 2003a) exige para blocos solo-cimento produzidos em prensa manual.

#### b) Índices de consistência

O Limite de Liquidez (LL) também se encontra dentro do padrão da referida norma, apresentado valor entre 23% e 24%, inferior ao admitido pela norma, que é de 45%. O Índice de Plasticidade (IP) apresentou valor inferior a 18%, também aceito pela NBR 10.832 (ABNT, 2003a).

Dessa forma, classificamos o solo utilizado na confecção dos blocos como arenoso, não líquido e não plástico.

### II. Caracterização da cinza

#### a) Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microestrutura da cinza apresentou tamanho médio das partículas de 3,5  $\mu\text{m}$ , conforme Figura 3a. Entretanto, foi possível observar a presença de alguns prismas de tamanho bem superior, acima de 18  $\mu\text{m}$  (Figura 3b), o que indica uma certa heterogeneidade no tamanho das partículas.

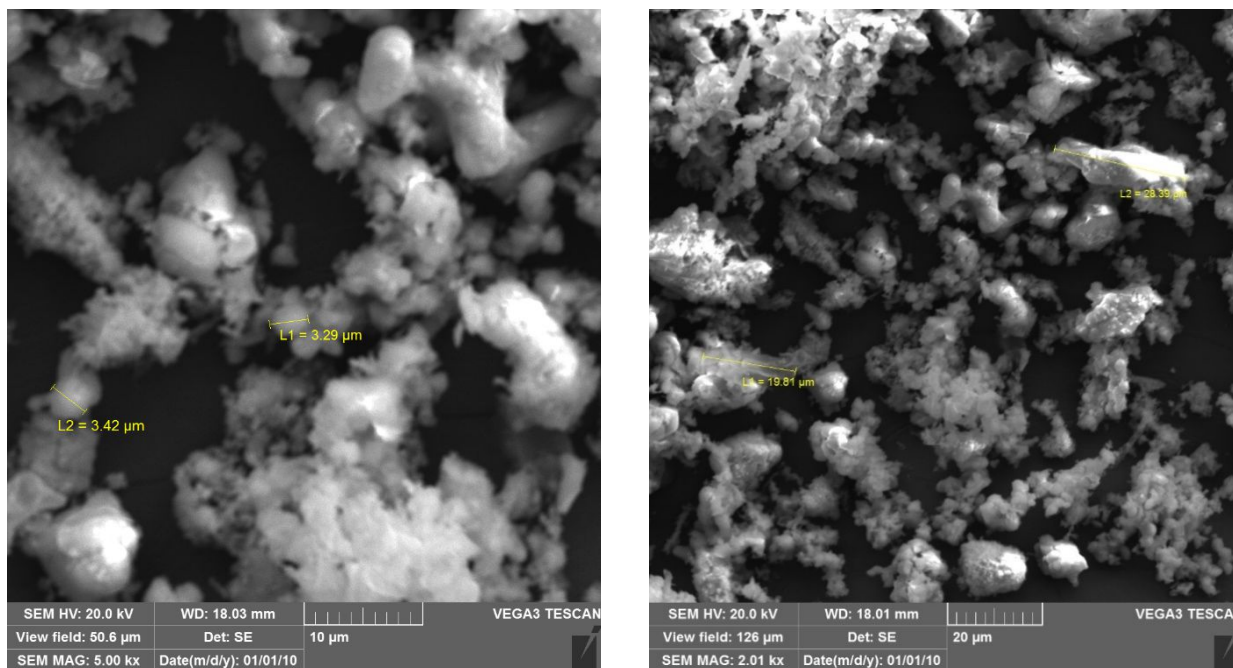


Figura 3a: MEV da cinza 5.000vzs. Figura 3b: MEV da cinza 2.000vxs. Fonte: Autor do Trabalho.

b) Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS)

Os elementos presentes na cinza estão detalhados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química da cinza.

Elemento	% Presente
Mg	14,07
Si	5,48
P	13,09
K	2,74
Ca	59,34
Ti	5,28

O principal elemento encontrado, correspondendo a cerca de 60%, foi o cálcio, seguido do magnésio (14%). Nogueira Neto et al (2018) detectaram um percentual de cálcio superior a 84,00%, elemento em maior quantidade em cinzas de olaria e de outras origens. Resultados obtidos em estudo feito por Osaki e Darolt (1991) mostraram uma relação Ca/Mg superior a três e teores de K<sub>2</sub>O entre 6% e 7% em amostras de cinza analisadas. O ensaio apresentou um percentual de 35,39% de o em peso, o que indica que a maioria dos elementos estão presentes na forma de óxidos (MgO, SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>).

III. Propriedades dos blocos

a) Absorção de Água

Analisando os resultados de absorção de água (ABS) dos blocos de solo-cimento é possível perceber que todos apresentaram os valores de absorção em conformidade com os padrões exigidos pela norma NBR 10836 (ABNT, 2013). A referida norma estabelece o intervalo entre 8 e 22%, para os teores mínimos e máximos de absorção. Ao compararmos o comportamento dos traços com adição de cinza, observamos que conforme os teores de adição da cinza aumentam, a absorção de água dos blocos também aumenta. Esse padrão também foi observado por Bastos (2011) e Nogueira Neto et. al. (2018) e deve-se ao fato da elevada porosidade da cinza.

**Tabela 4. Resultado do ensaio de absorção de água.**

Traço	Bloco seco em estufa (kg)	Bloco saturado (kg)	Absorção (%)
TR	2,799	3,215	14,86%
T10	2,758	3,205	16,20%
T15	3,164	3,775	19,31%
T20	3,235	3,925	21,32%

b) Resistência à Compressão Simples (RCS)

Os resultados de resistência à compressão simples apresentaram os resultados descritos na Tabela 5.

**Tabela 5. Resultado do ensaio resistência à compressão simples**

Traço	1 (Mpa)	2 (Mpa)
TR	2,4	2,7
T10	4,2	3,4
T15	1,7	2,1
T20	2,10	0,3*

Todas as resistências, exceto a referente ao T20-2, encontram-se dentro do valor superior ou igual a 1,7Mpa, aceito pela norma para um período de cura de 7 dias. Atribuimos o valor tão baixo desse bloco ao tratamento inadequado do bloco, que talvez não tenha sido unido corretamente. É necessário ainda realizar o rompimento dos corpos de prova aos 28 dias para a obtenção de um resultado mais fidedigno.



**Figura 4: Ensaio de resistência à compressão. Fonte: Autor do Trabalho.**

c) Análise dimensional

Na análise das dimensões dos blocos, constatou-se que todas as dimensões estão em conformidade com a NBR 10835 (ABNT, 2012). Os blocos, moldados com 25cm x 12 cm x 6,5cm, apresentaram variação dimensional inferior a 3%.



**Figura 5: Blocos modulares de solo-cimento TR. Fonte: Autor do Trabalho.**

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, observamos a viabilidade da adição da cinza de olaria no bloco de solo-cimento, não só considerando as suas propriedades mecânicas, mas levando em consideração a questão sustentável, que proporciona um fim adequado para o resíduo.

O traço com melhor desempenho mecânico foi o T10. A medida que os teores de cinza aumentaram a resistência diminuiu. A explicação para esse comportamento pode ser que a adição de 10% de cinza foi o percentual necessário para preencher os vazios dos blocos. Com o aumento do teor a cinza passou a absorver água muita água, como mostrado no ensaio de absorção.

Portanto, conclui-se que, é essa adição é tecnicamente viável, mas ainda não necessários estudos mais aprofundados, com traços intermediários, entre 10 e 15%, por exemplo. É desejável realizar ensaios em protótipos de alvenaria para fechar o ciclo da pesquisa e determinar a viabilidade econômica dessa incorporação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CERÂMICA VERMELHA. **Informações gerais na homepage.** Disponível em: <<http://www.anicer.com.br>>. Acesso em: 09 de set. 2019.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492: Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2012. 4 p.
3. \_\_\_\_\_. **NBR 10834: Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos.** Rio de Janeiro, 2013. 5 p. Rio de Janeiro, 2016a. 8 p.
4. \_\_\_\_\_. **NBR 7180: Solo — Determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro, 2016b. 3 p.
5. \_\_\_\_\_. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro, 2016c.
6. \_\_\_\_\_. **NBR 5752 - Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias.** 2014.
7. \_\_\_\_\_. **NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.** Rio de Janeiro, 2016. 8 p.
8. BASTOS, M. P. **Resistência à compressão e absorção água em tijolos de solo-cimento.** Monografia de graduação. 41p. UnB. Brasília, 2011.
9. DALLACORT, R.; LIMA JUNIOR, H. C.; WILLRICH, F. L.; BARBOSA, N. P. **Resistência à compressão do solo-cimento com substituição parcial do cimento Portland por resíduo cerâmico moído.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 6(3), 511-518, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n3/v6n3a22.pdf>. Acesso em: 07 jun 2019.
10. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2016: Ano base 2015.** Rio de Janeiro: EPE, 2016. 296p.
11. GOMES DA SILVA, D. C. M.; MARCIANO, J. S.; OLIVEIRA, J. P. S.; SILVA, J. **Estudo da inserção de cinzas de olarias em traços de argamassas para reboco.** In: Congresso Brasileiro do Concreto, 57., 2015, Bonito/ms. Anais... Bonito/MS: Ibracon, 2015. p. 1 - 9. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/296692129\\_ESTUDO\\_DA\\_INSERTAO\\_DE\\_CINZAS\\_DE\\_OLARIAS\\_EM\\_TRACOS\\_DE\\_ARGAMASSAS\\_PARA\\_REBOCO](https://www.researchgate.net/publication/296692129_ESTUDO_DA_INSERTAO_DE_CINZAS_DE_OLARIAS_EM_TRACOS_DE_ARGAMASSAS_PARA_REBOCO)>. Acesso em: 09 set. 2019.
12. GOMES DA SILVA, D. C. M.; MARCIANO, J. S.; OLIVEIRA, J. P. S.; SOUZA, J. **Estudo de cinzas de olarias como pozolanas para uso em traços de argamassas.** Trabalho de pesquisa/PROPI/IFRN. Natal/RN. 2016.
13. MARQUES, S. K. J.; TENÓRIO, T. M.; MEDONÇA, S. F. (2012) **Estudo da incorporação de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em formulações para a fabricação de tijolos solo-cimento.** Anais do VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação Palmas – TO, 7 p.
14. NOGUEIRA NETO, I. D.; LIMA JR, R. S.; SOUZA, J.; AVELINO, V.K.G.R. **Eco tijolos de solo-cimento com resíduos de olaria: uma alternativa sustentável.** In: Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 1., 2018, Gramado. Anais... Gramado: IBEAS, 2018. p. 1-8.
15. OSAKI, F.; DAROLT, M. R. **Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba.** Revista Setor Ciências Agrárias, Curitiba, v. 11, n. 1-2, p. 197-205, 1991.
16. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Indústria de cerâmica: ideias de negócios sustentáveis.** SEBRAE, 2012.
17. SOUZA, J. **Estudo da Durabilidade de argamassas utilizando cinzas de casca de arroz.** Tese de Doutorado. 160p. Universidade Federal de Campina Grande/PB. Campina Grande/PB, 2008.