

# Estudo do desempenho mecânico de concretos sustentáveis com incorporação de cinzas de lodo e potencial de redução $CO_2$

**Wedyson Alves de Carvalho [1], Victor Ribeiro Freidman [1], Vagner Antônio Santos de Azevedo [1], Isaque Peculas da Silva [1], Hanny Costa Duarte [1], Elon Oliveira do Amaral [1], Hellon Luiz Queiroz Conde [1], Mateus de Paula Oliveira [1], Giovani Ferreira Ceia [1] , Danielle Ferreira dos Santos [1*]**

*[1]Centro Universitário Serra dos Órgãos (UNIFESO) - Campus Quinta do Paraíso, Teresópolis, RJ*
**daniellesantos@unifeso.edu.br*

## INTRODUÇÃO

A construção civil apresenta elevado consumo de recursos naturais e uso de cimento Portland, impulsionando a busca por materiais cimentícios suplementares e alternativas sustentáveis. Este estudo avaliou a incorporação de cinzas de lodo de ETE calcinado em concretos, com substituição de 5%, 10% e 15% do cimento Portland. Foram avaliadas as resistências à compressão axial e à tração por compressão diametral, visando identificar o teor com melhor desempenho mecânico. O teor de 5% apresentou os melhores resultados, aumentando a resistência à compressão de 20,61 MPa para 27,08 MPa e a tração de 1,60 MPa para 4,13 MPa. Assim, a substituição de 5% mostrou-se a condição mais adequada, conciliando desempenho mecânico, redução do consumo de cimento e aproveitamento sustentável de resíduos.

## OBJETIVO

Avaliar o efeito da substituição de 5%, 10% e 15% do cimento Portland por cinzas de lodo de ETE calcinado nas propriedades mecânicas do concreto, identificando o teor com melhor desempenho.

## METODOLOGIA

### OBTENÇÃO DAS CINZAS DE LODO

O lodo de ETE foi seco em estufa a 100 °C por 24 h, com adição de 10% de cal em relação à massa do lodo para sua estabilização (Figura 1.A). Posteriormente, o material foi incinerado em mufla para obtenção das cinzas de lodo destinadas à incorporação nos compósitos cimentícios. A adição de cal promoveu a alcalinização do lodo, contribuindo para a redução de microrganismos patogênicos, odores e atração de vetores.

Após a secagem, o lodo foi desagregado, acondicionado em cadinhos cerâmicos e submetido à incineração em mufla elétrica. O material foi aquecido a 600 °C por 1 hora, promovendo a combustão da fração orgânica e a obtenção das cinzas de lodo (Figura 1.B). As cinzas obtidas foram utilizadas como material de substituição parcial do cimento Portland.

### PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

Foram confeccionados corpos de prova cilíndricos de 5 × 10 cm, conforme as diretrizes da ABNT NBR 5738.O concreto foi produzido com traço 1:2:3 (cimento:areia) e relação água/cimento de 0,65.Após a moldagem, os corpos de prova foram submetidos à cura úmida por imersão durante 28 dias e, posteriormente, aos ensaios de compressão axial e tração por compressão diametral.

### CARACTERIZAÇÕES

- Ensaio de abatimento do tronco de cone (*Slump*)
- Umidade da areia (*Speedy Test*)
- Resistência a compressão axial
- Resistência a compressão diametral




**Figura 1.** (A) Secagem do lodo em estufa; (B) Obtenção das cinzas de lodo utilizando a mufla.

## RESULTADOS

***Ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump)***

O ensaio foi conduzido de acordo com os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 16889:2020, tendo sido obtido um abatimento de 3 cm.

***Ensaio de umidade da areia (Speedy test)***

O resultado obtido foi inferior a 2%, indicando baixo teor de umidade na amostra no momento da análise.

***Resistência a compressão axial***

O teor de 5% apresentou a maior resistência (27,08 MPa), 31,4% superior ao concreto de referência (20,61 MPa).Com 10%, observou-se a menor resistência (10,18 MPa), enquanto 15% alcançou 20,43 MPa, próximo ao valor de referência. Os resultados indicam comportamento não linear, sendo 5% o teor mais favorável.

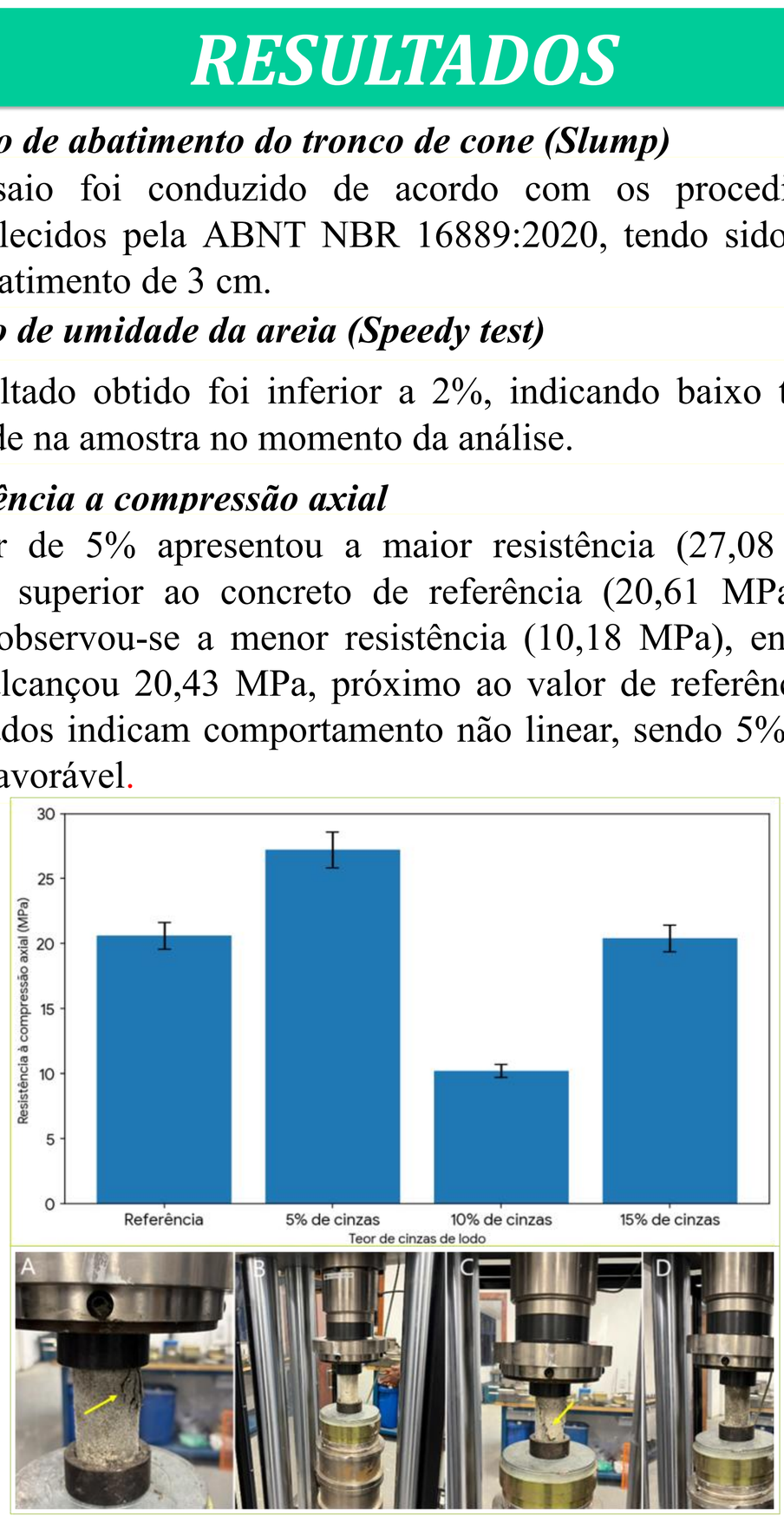



**Figure 2.** Resultados dos ensaios de resistência a compressão axial. (A) Referência, (B) 5%, (C) 10%, (D) 15%.

***Resistência a compressão diametral***

O teor de 5% apresentou a maior resistência à tração (4,13 MPa), 158% superior ao concreto de referência (1,60 MPa).Os teores de 10% (1,53 MPa) e 15% (1,60 MPa) apresentaram valores próximos ao concreto de referência.

## CONCLUSÃO

- A incorporação de cinzas de lodo de ETE apresentou comportamento não linear nas propriedades mecânicas do concreto.
- O teor de 5% proporcionou o melhor desempenho, com aumentos nas resistências à compressão axial e à tração por compressão diametral.
- A substituição de 5% mostrou-se a condição mais adequada, indicando potencial para o aproveitamento sustentável do resíduo e redução do consumo de cimento Portland.

## REFERÊNCIAS

[1] Mojapelo KS, Kupolati WK, Burger EA, Ndambuki JM, Snyman J, Achi CG, Quadri AI. Durability and environmental impact of wastewater sludge ash as a cement replacement in concrete: challenges and future directions. Materials Circular Economy. 2025;7:15.
[2] Zhang Z, Provis JL, Reid A, Wang H. Performance and microstructure of sustainable cementitious materials mixed by municipal sewage sludge ash, slag, and fly ash. Construction and Building Materials. 2023;367:130028.

**AGRADECIMENTOS:** Projeto de Iniciação Científica e Pesquisa (PICPq)/DPPE/UNIFESO