



Valorização do Resíduo da Nefelina Sienito na Construção e Agricultura

Maria Eduarda Gonçalves da Rosa | maria.egr@aluno.ifsc.edu.br¹
Diego Haltiery dos Santos | diego.haltier@ifsc.edu.br²
Cleudson Rosa Alves | cleudson.alves@ifsc.edu.br³
Anderson Augusto Muller | anderson.muller@ifsc.edu.br⁴
Ana Carolini Córneo Zanette | ana.cz@aluno.ifsc.edu.br⁵
Graziele Vefago Boaventura Possenti | graziele.vefago@ifsc.edu.br⁶

Edital 05/2024/COPPI/CRI

Trabalho de Pesquisa

DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

O uso de resíduos sólidos industriais deve ser incentivado como estratégia para o avanço da economia circular. O resíduo do processo de beneficiamento da rocha nefelina sienito tem sido descartado em aterros licenciados, mas possui potencial para sua valorização como insumo mineral. Este resíduo apresenta elevado teor de sílica, alumina e óxidos alcalinos, características que o tornam um material promissor para diferentes usos. Este estudo avaliou a incorporação deste resíduo em substituição parcial ao metacaulim, em geopolímeros, e como remineralizador do solo para a agricultura, visando reduzir custos, minimizar impactos ambientais e aproveitar um subproduto industrial abundante. Os resultados indicam sua viabilidade em diferentes setores e contribuição para o avanço da economia circular.

Palavras-chave: nefelina sienito; geopolímero, agricultura, economia circular.

Introdução e Fundamentação teórica

O crescente volume de resíduos industriais gerados pelas atividades industriais tem impulsionado a busca por alternativas que possibilitem o reaproveitamento desses

¹ Estudante do curso de Engenharia Civil do IFSC - Criciúma.

² Docente do curso de Engenharia Civil do IFSC – Criciúma.

³ Docente do curso de Engenharia Civil do IFSC – Criciúma.

⁴ Docente do curso de Engenharia Civil do IFSC – Criciúma.

⁵ Estudante do curso de Licenciatura em Química do IFSC – Criciúma.

⁶ Técnica de Laboratório de Química do IFSC – Criciúma.

materiais. Nesse contexto, o resíduo da nefelina sienito (RNS) surge como uma fonte potencial de compostos ricos em sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3) e óxidos alcalinos (K_2O e Na_2O), elementos fundamentais em diversos setores (Santos et al., 2025).

A nefelina sienito é normalmente composta por minerais como nefelina, feldspato de sódio e feldspato alcalino (Sampaio; França; Braga, 2008). Em seu beneficiamento, aproximadamente 25% tem sido descartada em áreas de aterro como rejeitos, embora apresente potencial para valorização como insumos em outros setores (Santos et al., 2025). Uma das possibilidades de reaproveitamento desse resíduo é na agricultura, pois ele possui potássio em sua composição, o que possibilita seu uso como enriquecedor e remineralizador de solo (De Almeida, et al. 2018). Diferente dos fertilizantes químicos solúveis, esse resíduo pode liberar nutrientes de forma gradual, contribuindo para a manutenção da fertilidade do solo por um período mais prolongado (Pessoa et al., 2015).

Os geopolímeros, por sua vez, são materiais cimentícios obtidos pela ativação alcalina de fontes ricas em alumino-silicatos (Kuenzel et al., 2013). Sua produção pode utilizar resíduos industriais, contribuindo para a redução das emissões de dióxido de carbono e dos impactos ambientais. Segundo Provis e Van Defender (2009), a incorporação de resíduos está alinhada à economia circular, promovendo o reaproveitamento de materiais e a diminuição do consumo de recursos naturais não renováveis.

Desta forma, este estudo buscou investigar o uso do RNS como fonte de insumos minerais a ser utilizado como remineralizador de solos e para o desenvolvimento de geopolímeros, apresentando-se como alternativa sustentável e promissora para o setor da construção civil e agricultura e contribuindo para o avanço da economia circular.

Procedimentos metodológicos

Para aumentar a reatividade, o resíduo foi cominuído e tratado termicamente. Inicialmente, uma amostra do RNS foi moída em moinho de jarro e bolas, de modo que o material resultante apresentasse granulometria inferior a 45 μm . Para isso, 200 g do resíduo foram cominuídos durante 15 minutos. Após a moagem, uma amostra do RNS foi homogeneamente misturada com cloreto de cálcio (CaCl_2), em uma proporção em massa

de 1:0,45 (RNS: CaCl_2). Em seguida, o material foi submetido a tratamento térmico, a uma temperatura de, aproximadamente, 900 °C por 30 min, utilizando uma taxa de aquecimento de 10 °C/min, seguido de resfriamento até temperatura ambiente.

Essa metodologia foi adotada de forma que o processo possibilitasse a decomposição do potássio da matriz do RNS para a formação do cloreto de potássio (KCl), principal forma de utilização agrícola, aumentando assim a concentração de sílica e alumina para os geopolímeros (Santos et al., 2025). Para avaliar a viabilidade do resíduo como remineralizador do solo, foi preparada uma amostra utilizando como base um solo proveniente de área de cultivo da região de Criciúma. Esse solo foi homogeneizado em três proporções de adição, em massa, por RNS em 0%, 50% e 100%, após os processos de moagem e tratamento térmico. Em seguida, realizou-se o plantio de milho, da espécie AG 1051. Durante o período experimental de 90 dias, os vasos foram irrigados diariamente com aproximadamente 450 ml de água e mantido em local com iluminação constante. Ao longo do experimento, os vegetais foram avaliados quanto ao seu desenvolvimento e crescimento.

Para a análise do uso do RNS, em geopolímeros, foram utilizadas diferentes dosagens apresentadas no Quadro 1. A dosagem 1 utilizou somente o metacaulim como precursor; a dosagem 2 utilizou somente o RNS cominuído; a dosagem 3 foi composta por uma mistura contendo 50% de RNS cominuído e 50% de metacaulim; e a dosagem 4 continha 50% de RNS calcinado e 50% de metacaulim. Os demais insumos permaneceram constantes em todas as formulações.

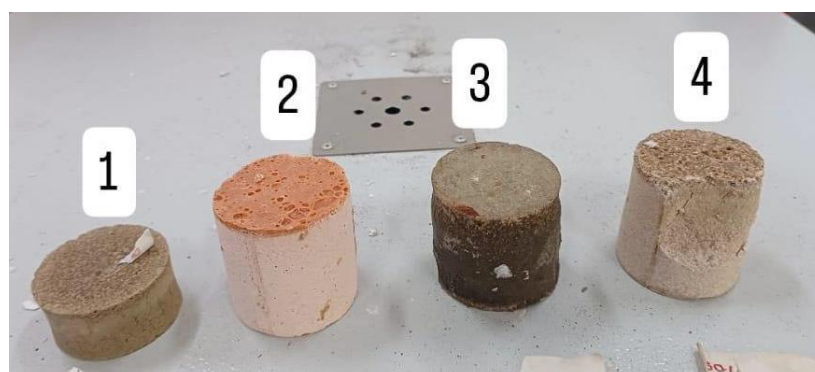
Quadro 1: Massa anidra adotada para o desenvolvimento dos geopolímeros.

ID	Silicato de sódio (g)	RNS moído (g)	RNS calcinado (g)	Metacaulim (g)	Hidróxido de sódio (g)
1	55	-	-	45,0	4
2	55	22,5	-	22,5	4
3	55	45,0	-	-	4
4	55	-	22,5	22,5	4

Fonte: autores, 2025.

A Figura 1 ilustra os corpos de prova de cada uma das dosagens desenvolvidas. Os corpos de prova produzidos foram analisados em relação à resistência mecânica na idade de 7 dias, utilizando o processo de cura ao ar livre.

Figura 1: Corpos de prova dos geopolímeros desenvolvidos.

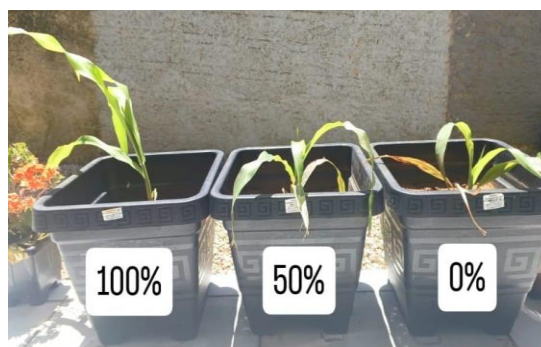


Fonte: autores, 2025.

Resultados e discussões

O RNS calcinado apresentou resultados promissores no desenvolvimento das plantas ao longo dos 90 dias de avaliação. Conforme observado na Figura 2, o tratamento com 100% de RNS proporcionou maior crescimento vegetal, resultando em alturas superiores às dos demais tratamentos.

Figura 2: Desenvolvimento das plantas com diferentes dosagens de RNS.



Fonte: autores, 2025.

Já o tratamento com 50% de RNS apresentou desempenho semelhante ao solo de referência (0%). Esse comportamento pode estar relacionado à liberação gradual de

potássio pelo RNS, que atua como uma fonte de nutrientes de longo prazo. Dessa forma, é possível que os efeitos desse tratamento se tornem mais evidentes em períodos de cultivo mais prolongados (Pessoa et al., 2015).

Os corpos de prova de geopolímero 1, 2, 3 e 4 apresentaram, respectivamente, as resistências à compressão de 22 MPa, 20 MPa, 15 MPa e 25 Mpa. A dosagem 2, contendo 50% de RNS cominuído, não aumentou significativamente a resistência do geopolímero pois tende a atuar como material inerte ou fíler, melhorando a densidade e reduzindo a porosidade, mas sem participar efetivamente da reação de geopolimerização.

Na dosagem 3, contendo somente RNS cominuído, resulta em geopolímeros com resistência a compressão consideravelmente inferior ao uso somente de precursores muito reativos como metacaulim. Dessa forma, os resultados indicam que o uso do RNS sem tratamento térmico pode comprometer o desempenho mecânico dos geopolímeros quando empregado em elevadas proporções. No entanto, a dosagem 4 contendo RSN calcinado e metacaulim, obteve valores próximos aos sistemas produzidos exclusivamente com metacaulim, sendo o uso do resíduo capaz de contribuir para a redução do impacto ambiental e custos de produção (Temuujin et al., 2013).

Considerações finais

O uso do RNS para o cultivo de plantas apresenta-se como uma alternativa sustentável, pois o resíduo contém nutrientes importantes, como potássio que contribuem para o desenvolvimento do vegetal e para a melhoria das propriedades do solo. Os resultados obtidos indicaram um crescimento satisfatório das plantas cultivadas em solo com adição do resíduo, demonstrando seu potencial como remineralizador.

A análise sobre o uso do RNS calcinado, apresentou melhor desempenho em substituição parcial ao metacaulim na produção de geopolímeros. Os resultados evidenciam o potencial desse material como uma solução sustentável e eficiente para a construção civil. Essa interação entre o metacaulim e o resíduo calcinado resulta em materiais com boas propriedades mecânicas, alcançando resistências comparáveis às obtidas com precursores convencionais.

Do ponto de vista ambiental e técnico, o aproveitamento do RNS representa uma alternativa promissora para a valorização de subprodutos industriais, contribuindo para a redução do volume de resíduos destinados à disposição final e para a diminuição da dependência de matérias-primas naturais de elevado custo energético. Dessa forma, o material apresenta potencial para aplicação sustentável nos setores da construção civil e da agricultura. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo são preliminares, sendo necessária a realização de ensaios complementares para confirmar e aprofundar o potencial identificado.

Referência ao fomento recebido

Os autores agradecem ao IFSC pelo apoio financeiro concedido por meio do Edital 05/2024/COPPI/CRI.

Referências

AHMAD, R. et al. Role of sintering temperature in production of nepheline ceramics-based geopolymer with addition of ultra-high molecular weight polyethylene. **Materials**, v. 14, n. 5, p. 1077, 2021.

De Almeida, J.R., O.V. Villella, J.L. Gadioli, A.A. Da Silva Almeida, H.M. Takada, C.M. Cicero & A.R. Ferreira. 2018. Teores de metais pesados em arroz cultivado com pó de rocha Nefelina Sienito. *Revista Biociências*, v.24, n. 2.

HEAH, C. Y. et al. **Effect of curing profile on kaolin-based geopolymers**. *Ceramics International*, v. 38, p. 641–649, 2012.

KUENZEL, C. et al. *Production of nepheline/quartz ceramics from geopolymer mortars*. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 33, n. 2, p. 251-258, 2013.

LAGE, I. T. M.; MORETTI, J. P. Valorização de resíduos como matéria-prima na síntese de geopolímeros aplicáveis à construção civil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 25, e142024, jan./dez. 2025.



PROVIS, J. L.; VAN DEVENTER, J. S. J. *Geopolymers: structure, processing, properties and industrial applications*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009.

SANTOS, D. H. et al. *Using Brazilian Nepheline Syenite Waste as an Alternative Mineral Resource for Various Applications*. **Minerals**, v. 15, n. 6, p. 554, 2025.

SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silvia Cristina Alves; BRAGA, Paulo Fernando Almeida. Nefelina sienito. In: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando A. Freitas (org.). *Rochas e Minerais Industriais*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. p. 663-680.

TEMUJJIN, J. et al. **Fly ash based geopolymer thin coatings on metal substrates and its thermal evaluation**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 180, p. 748–752, 2013.