cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA CINZA DA CASCA RESIDUAL DE ARROZ COMO MATERIAL ADSORVENTE PARA A REMOÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

João Alfredo Silva Fraiberger[1]; Iara Janaína Fernandes[2]; Feliciane Andrade Brehm

1, 2, 3. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS. Núcleo de Caracterização e Valorização de Materiais (NUCMAT).

Introdução

Cinza de Casca de Arroz Residual (CCAR)
Cinza disposta de forma irregular no solo.

→ **FÓSFORO NO EFLUENTE**
Acima do limite legal, risco de eutrofização.

↓

REMOÇÃO COM CCAR
A cinza porosa remove o fósforo do efluente.

← **TRATAMENTO E REAPROVEITAMENTO**
Trata o efluente e reaproveita a CCAR

Fontes: Foletto et al. (2005); Resolução CONSEMA 355/2017.

Objetivos

Avaliar o potencial de cinzas da casca de arroz residuais, geradas por diferentes processos de combustão, como material adsorvente para a remoção de fósforo.

Materiais e Métodos

Metodologia em quatro etapas (Figura 1):

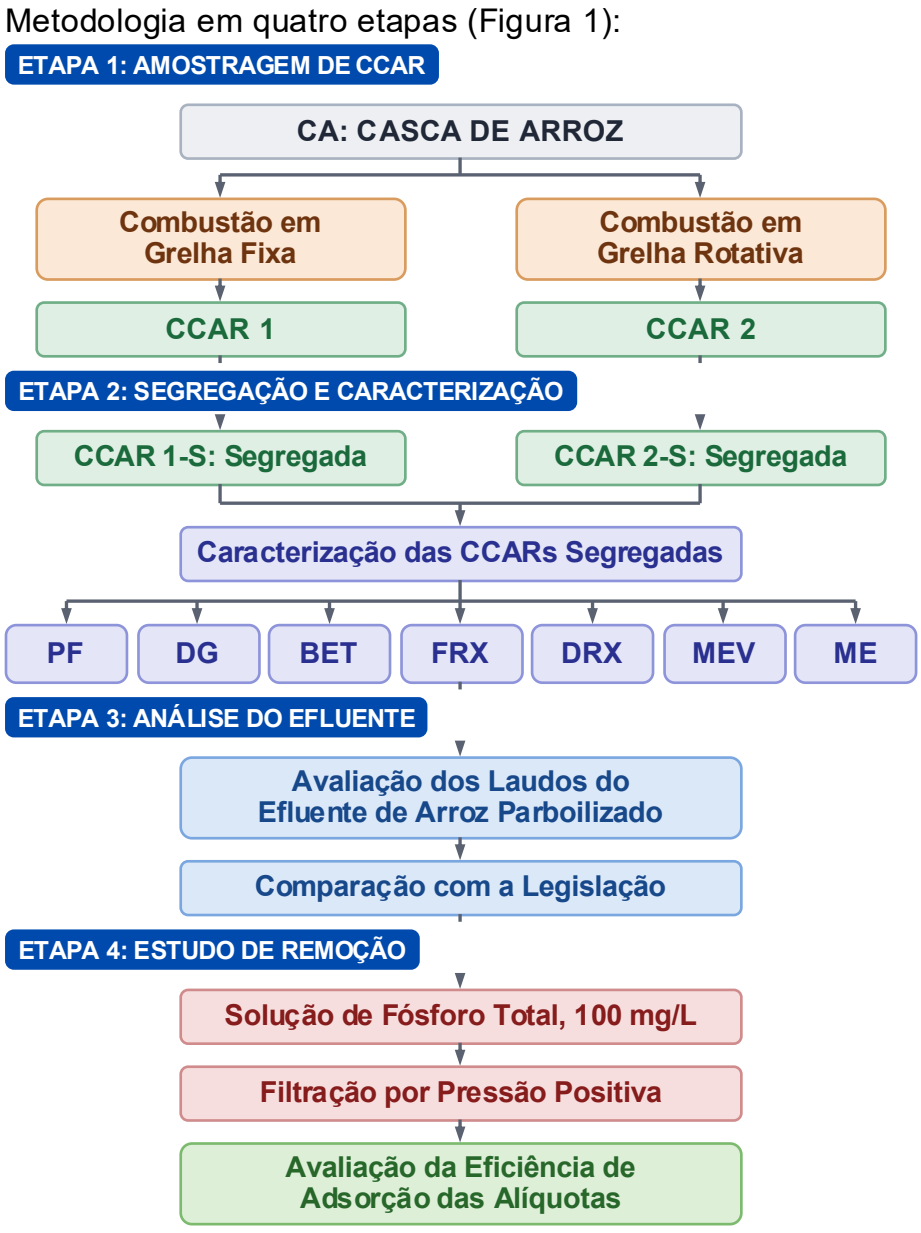


Figura 1. Etapas realizadas na metodologia. Fonte: autor (2026).

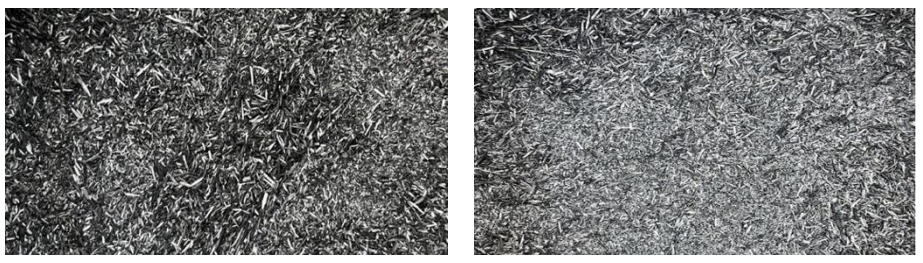
Conclusões

As eficiências médias de remoção de fósforo foram de 21,85% para a CCAR 1-S e de 24,32% para a CCAR 2-S, obtidas com cinza industrial como gerada sem ativação química ou tratamento térmico.

A estimativa de aplicação como polimento do efluente liquid tratado indica que a CCAR elevaria a remoção acumulada acima dos 75% exigidos pela Resolução CONSEMA 355/2017.

Resultados e Discussão

Figura 2. Frações passantes pela peneira de 1,2 mm.



CCAR 1-S | CCAR 2-S

Figura 3. Distribuição granulométrica (passante acumulado).

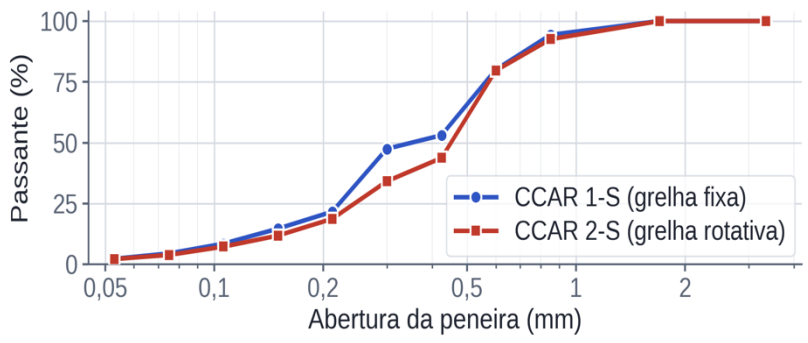


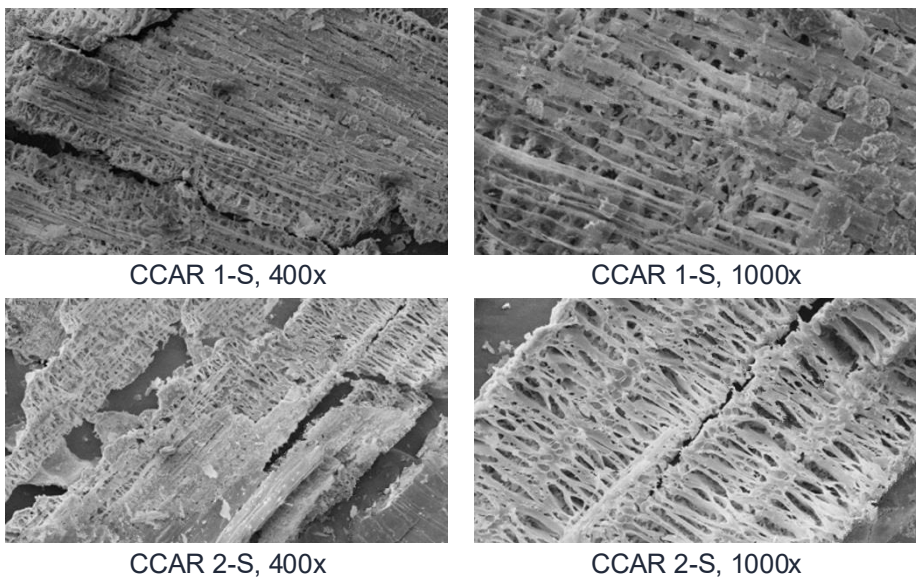
Tabela 1. Massa específica e área superficial das CCARs.

Amostra	Massa específica (g/cm³)	Área superficial (m²/g)
CCAR 1-S	2,2779	3,0093
CCAR 2-S	2,2995	11,5447

Tabela 2. Composição química das CCARs por FRX (%).

Elementos	CCAR 1-S	CCAR 2-S	Elementos	CCAR 1-S	CCAR 2-S
SiO_2	92,459	90,630	MnO	0,195	0,286
K_2O	1,880	3,403	SO_3	0,091	0,102
CaO	0,934	1,093	Fe_2O_3	0,148	0,095
P_2O_5	1,000	0,747	Na_2O	0,065	N.D.
MgO	0,339	0,353	PF	2,850	3,230

Figura 4. MEV das CCARs com aumentos de 400x e 1000x.



CCAR 1-S, 400x | CCAR 1-S, 1000x

CCAR 2-S, 400x | CCAR 2-S, 1000x

Tabela 3. Remoção de fósforo e atendimento à CONSEMA 355/2017.

Parâmetro	CCAR 1-S	CCAR 2-S
Ensaio com solução padrão de fósforo (100 mg/L)		
Eficiência de remoção média (%)	21,85 ± 18,05	24,32 ± 14,11
P residual: menor e maior (mg/L)	52,40 e 98,80	58,40 e 104,40
Eficiência de remoção por volume de saída acumulado(%)		
400 mL	39,00 ± 13,70	37,67 ± 4,54
600 mL	35,27 ± 11,67	31,67 ± 8,17
800 mL	10,73 ± 1,50	22,63 ± 6,45
1000 mL	2,40 ± 1,59	5,30 ± 8,41
Efluente liquido tratado		
P no sistema atual (mg/L)	50,00 a 53,00	
Eficiência do sistema atual (%)	68,6 a 70,3 **(fora do padrão)**	
P após polimento (mg/L)	39,08 a 41,42	37,84 a 40,11
Eficiência após polimento (%)	75,4 a 76,8	76,2 a 77,6
Atende à CONSEMA 355/2017?	**Sim**	**Sim**

Nota: média ± desvio-padrão (triplicata). Após polimento: estimativa com a eficiência média em solução padrão. CONSEMA 355/2017, Art. 17, I: remoção mínima de 75% P.

Referências e Agradecimentos

Agradecimentos: à CAPES, ao CNPq, à UNISINOS e ao NUCMAT pelo apoio à realização deste trabalho.

BERWANGER FILHO, J. A. et al. Cinza de casca de arroz como adsorvente para remoção de BTEX. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 5., 2014, São Leopoldo. Anais [...]. UNISINOS, 2014. | CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2025/26. Brasília, 2026. | FERNANDES, I. J. et al. Characterization of rice husk ash produced using different biomass combustion techniques for energy. Fuel, v. 165, p. 351-359, 2016. | MOR, S.; CHHODEN, K.; RAVINDRA, K. Application of agro-waste rice husk ash for the removal of phosphate from the wastewater. Journal of Cleaner Production, v. 129, p. 673-680, 2016. | RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA nº 355, de 13 de julho de 2017. Porto Alegre, 2017.