

# Comparação Entre Diferentes Tipos e Concentrações de Ácidos na Produção de Sílica Xerogel e Nanosílica a Partir de Cinzas de Cana-de-Açúcar

Felipe Boross Carvalho e Denise Alves Fungaro  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

## INTRODUÇÃO

Na produção de açúcar e etanol, a palha e o bagaço da cana-de-açúcar são gerados como principais resíduos agroindustriais. Esses resíduos são queimados como combustível em caldeiras produzindo vapor d' água utilizado na produção de açúcar e etanol e em processos de cogeração de energia. Após a queima são gerados cerca de 3-12 milhões de toneladas de cinzas/ano ou mais. Geralmente, essas cinzas são dispostas em aterros ao redor das usinas.

Estudos anteriores indicaram que é possível a produção de sílica e nanosílica a partir das cinzas de resíduos de cana-de-açúcar com matéria-prima de usinas brasileiras [1-3]. No entanto, o estudo da otimização do método para obtenção das melhores propriedades físico-químicas das sílicas produzidas ainda não foi realizado.

## OBJETIVO

O objetivo do presente projeto foi otimizar os parâmetros que afetam a extração do silicato de sódio e, conseqüentemente, o rendimento da sílica e nanosílica a partir as cinzas do resíduo de cana-de-açúcar.

## METODOLOGIA

Em um estudo prévio, parâmetros que afetam a obtenção da sílica foram otimizados. Esses parâmetros foram a temperatura e o tempo de fusão em mufla, a estequiometria de cinzas:NaOH e o tempo de refluxo, totalizando 19 ensaios. As condições selecionadas foram aquelas que

resultaram em sílica com maior rendimento e maior pureza (96,4%), além de menor tempo e temperatura de fusão.

No presente estudo, uma mistura de cinzas:NaOH (1:2 em massa) foi colocada em mufla à 300 °C por 30 min. Após o resfriamento, foi adicionada água à mistura fundida, na relação de 8 mL de água para cada um grama de cinzas e, foi realizado o tratamento hidrotérmico alcalino sob refluxo por 1 h, de acordo com os resultados do estudo prévio. Em seguida, a mistura foi filtrada para separação da solução de silicato de sódio do resíduo sólido. Na solução de silicato de sódio foi adicionado lentamente ácido.

O tipo, a concentração de ácido e o pH de gelificação (pH final) foram variados da seguinte forma: (1) ácidos clorídrico, sulfúrico e acético; (2) concentrações de 0,5 mol L<sup>-1</sup>, 4,0 mol L<sup>-1</sup> e 8,0 mol L<sup>-1</sup>, (3) valores de pH final igual a 2,0, 4,0 e 7,0 para os ácidos clorídrico e sulfúrico e 4,0, 5,0 e 7,0 para o ácido acético.

## RESULTADOS

Os resultados do preparo de sílica usando os diferentes ácidos estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 e detalham os resultados dos experimentos com ácido clorídrico, sulfúrico e acético, respectivamente.

A resposta para determinar a eficiência dos processos de síntese foi a comparação das massas de sílica produzidas.

TABELA 1. Resultado das sínteses de sílica com ácido clorídrico.

Ensaio	Conc. Ácido (mol.L <sup>1</sup> )	V. ácido (mL) Gasto	pH Final	m(g) Sílica Final
1	0,5	185,50	2,0	1,424
2	8,0	12,10	2,0	1,760
3	0,5	177,10	4,0	1,697
4	8,0	11,65	4,0	1,699
5	4,0	22,40	7,0	1,831
6	4,0	22,70	7,0	1,745
7	4,0	22,40	7,0	1,705

TABELA 2. Resultados das sínteses de sílica com ácido sulfúrico

Ensaio	Conc. Ácido (mol.L <sup>1</sup> )	V. ácido (mL) Gasto	pH Final	m(g) Sílica Final
1	0,5	96,8	2,0	1,511
2	8,0	6,75	2,0	1,525
3	0,5	81,50	4,0	1,569
4	8,0	5,70	4,0	1,681
5	4,0	11,30	7,0	1,627
6	4,0	11,30	7,0	1,586
7	4,0	11,65	7,0	1,689

TABELA 3. Resultados das sínteses de sílica com ácido acético

Ensaio	Conc. Ácido (mol.L <sup>1</sup> )	V. ácido (mL) Gasto	pH Final	m(g) Sílica Final
1	0,5	-	-	-
2	8,0	-	-	-
3	0,5	72,0	13,0	0,079
4	8,0	20,0	5,0	1,686
5	4,0	23,1	7,0	1,823
6	4,0	22,9	7,0	1,855
7	4,0	22,7	7,0	1,813

As sílicas obtidas com ácido clorídrico e sulfúrico apresentaram resultados similares.

Nos experimentos das sílicas obtidas com ácido acético não foram observados bons resultados, não tendo sido possível a realização da síntese com as soluções com baixa concentração de ácido, nem em baixo valor de pH final (4,0).

## CONCLUSÕES

Os ensaios com ácido acético foram os menos favoráveis para a produção da sílica. O ácido clorídrico e o ácido sulfúrico apresentaram resultados similares, sendo que o ácido sulfúrico é o recomendado para a utilização em aplicações de larga escala na indústria.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Alves, R. H.; Reis, T. V. S.; Fungaro, D. A. Green Synthesis and Characterization of Biosilica Produced from Sugarcane Waste Ash. *Journal of Chemistry*, v. 2017, p. 1-9, 2017.

[2] Rovani, S.; Santos, J. J.; Corio, P.; Fungaro, D. A. Highly Pure Silica Nanoparticles with High Adsorption Capacity Obtained from Sugarcane Waste Ash. *ACS Omega*, v. 3, p. 2618-2627, 2018.

[3] Rovani, S.; Santos, J. J.; Corio, P.; Fungaro, D. A. An Alternative and Simple Method for the Preparation of Bare Silica Nanoparticles Using Sugarcane Waste Ash, an Abundant and Despised Residue in the Brazilian Industry. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 30, p.1524-1533, 2019

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC