



APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS E INDUSTRIAIS NA SÍNTESE DE MATERIAIS ADSORVENTES PARA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO DE EFLUENTES

LUCAS BOHNENBERGER^{1,2*}, GABRIEL DO AMARAL MINUSSI^{2,3}, CAROLINE SOMAVILLA^{2,4}, MANUELA GOMES CARDOSO^{2,5}

1 Introdução

Os resíduos sólidos industriais apresentam limitadas alternativas de reuso, sendo em sua maioria, dispostos em aterros industriais, sem a geração de benefícios ambientais e econômicos.

Em outro contexto, existe a problemática da remoção de nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$) de efluentes, composto este que possui estabilidade em águas e potencial poluidor, podendo ocasionar a eutrofização e toxicidade do meio. Desta forma, a remoção do $N-NH_4^+$ de águas é frequentemente realizada através de métodos biológicos convencionais com alto consumo energético, por meio de instalações de grande porte ou ainda com adaptações necessárias aos microrganismos nitrificantes, encarecendo o tratamento. Um dos métodos alternativos que vem sendo pesquisado para remoção de $N-NH_4^+$ de águas é a adsorção (METCALF & EDDY, 2003).

2 Objetivos

Este trabalho teve como objetivo realizar um processo de síntese de um material adsorvente utilizando resíduos sólidos para a aplicação na remoção de nitrogênio amoniacal presente em águas.

3 Metodologia

O material adsorvente objetivo do estudo foi o aluminossilicato, um tipo de zeólita que apresenta característica de remoção de cátions. Os resíduos utilizados para a síntese foram o lodo da etapa de flotação da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) industrial e as cinzas da queima de caldeiras por apresentarem conteúdo disponível de alumínio e silício, respectivamente.

O procedimento prático envolveu três etapas: a primeira consistiu na coleta e armazenagem do lodo da ETE, das cinzas da caldeira e do efluente real coletados de uma empresa do ramo

¹Acadêmico de engenharia ambiental e sanitária, UFFS, *campus Cerro Largo*. Bolsista. Contato: lucas.boh21@outlook.com.

² Grupo de Pesquisa em Recursos Energéticos e Tecnologias Limpas - RETEC

³Acadêmico de engenharia ambiental e sanitária, UFFS, *campus Cerro Largo*.

⁴Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UFFS, *campus Cerro Largo*.

⁵Doutora Manuela Gomes Cardoso, instituição UFFS, **Orientadora**.



alimentício; a segunda etapa abordou a caracterização dos materiais coletados e a síntese dos materiais adsorventes; na terceira etapa foram realizados os testes de adsorção com efluente sintético e real.

Para a coleta e armazenagem dos materiais foram seguidas normas padronizadas pela ABNT. A etapa de caracterização dos materiais envolveu a determinação do conteúdo molar de Si e Al. A concentração de Al no lodo foi determinada por meio de experimentos, seguindo metodologia proposta pela Embrapa e a concentração de Si no lodo foi considerada desprezível. Para as cinzas, baseou-se no estudo publicado por Borlini et al. (2005), no qual foi determinado o conteúdo de Si e Al no eucalipto queimado em caldeira (mesma biomassa do presente estudo).

Foram feitas 3 rotas sintéticas diferentes. A síntese I e II se baseou no método hidrotérmico e a síntese III foi feita pelo método drygel, utilizando-se NaOH nos dois métodos, para promover a solubilização dos aluminatos e silicatos. As sínteses se diferem na fonte de alumínio, enquanto a I utiliza o lodo calcinado, as demais utilizam o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), possibilitando a comparação da utilização de um resíduo com um reagente analítico. A mistura de reagentes (fonte de alumínio + fonte silício + NaOH) era adicionada a um reator, homogeneizada e levada para a estufa. As quantidades dos reagentes eram pesadas a fim de obter-se um meio reacional de 1:1 (Si:Al) e pH acima de 12. Para o método hidrotérmico (sínteses I e II) o período foi de 24 h e 100°C , e para o método drygel, 6 h e 120°C . Após o tempo em estufa o produto era filtrado e seco em estufa.

Para fazer os testes de adsorção foi preparada uma solução sintética de sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) na concentração inicial (C_0) teórica de $160 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$. As soluções aquosas, antes e após a adsorção foram analisadas pelo método semi-micro-kjeldahl descrito na seção 4500-N NITROGEN (APHA, 2005). Além disso, foram realizados testes com efluente industrial real coletado antes da etapa secundária do tratamento. Calculou-se a quantidade adsorvida (q_e) conforme descrito em Metcalf & Eddy (2003).

4 Resultados e Discussão

Os valores obtidos de concentração molar de Al no lodo, Al e Si nas cinzas foram de $0,07 \text{ mol Al}^{3+} \cdot \text{L}^{-1}$, $0,01 \text{ mol Al}^{3+} \cdot \text{g}^{-1}$ e $0,05 \text{ mol Si} \cdot \text{g}^{-1}$, respectivamente. A Tabela 1 contém as quantidades dos reagentes adicionados em cada síntese. Os materiais resultantes devidamente filtrados e secos foram testados como adsorventes para remoção de nitrogênio, em efluente sintético preparado com $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e em efluente real coletado de um frigorífico da região.



Tabela 1. Quantidade utilizadas dos reagentes nas sínteses I, II e III.

Reagentes	Síntese I	Síntese II	Síntese III
Lodo calcinado (g)	40,04	—	—
Cinzas (g)	0,61	28,25	26,70
NaOH 4 M em solução (mL)	138,00	150,00	—
NaOH desidratado (g)	—	—	3,00
Sulfato de alumínio hidratado (g)	—	21,75	20,30

Dados de concentrações iniciais e finais obtidas após o contato com os materiais sintetizados nos testes de adsorção, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Concentração final (C_e), quantidade adsorvida (q_e) e percentual de remoção de $N-NH_4^+$ obtidos após ensaio de adsorção com efluente sintético e com efluente real nas concentrações iniciais informadas (C_0).

Síntese	Efluente sintético ($C_0 = 158,06 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$)			Efluente real ($C_0 = 127,82 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$)		
	C_e	q_e	Remoção	C_e	q_e	Remoção
	(mg.L^{-1})	(mg.g^{-1})	(%)	(mg.L^{-1})	(mg.g^{-1})	(%)
I	$90,65 \pm 1,19$	5,39	42,65	$109,55 \pm 0,63$	1,46	14,29
II	$97,37 \pm 1,47$	4,86	38,40	$99,96 \pm 1,96$	2,23	21,80
III	$105,21 \pm 11,13$	4,23	33,44	$102,69 \pm 1,47$	2,01	19,66

No efluente sintético, os valores obtidos de q_e nas sínteses I, II e III, foram de 5,39, 4,86 e 4,23 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, e o percentual de remoção obtido foi de 42,65, 38,40, 33,44 (%), respectivamente. Em estudo realizado por Wongwichien et al. (2014), no qual foi utilizado lodo de ETA pirolisado para a síntese da zeólita e efluente com C_0 de $140 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de $N-NH_4^+$, os autores obtiveram $8,88 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. As diferenças de q_e encontradas podem estar relacionadas a variações nos tamanhos dos poros e das características químicas das superfícies adsorventes. Outra justificativa possível para o valor maior obtido pelos autores é que foi utilizado um lodo com uma concentração de alumínio mais elevada. Nos testes de adsorção com o efluente real, as sínteses I, II e III, resultaram em valores de q_e de 1,46, 2,23 e 2,01 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ e o percentual de remoção obtido foi de 14,29, 21,80 e 19,66 (%), respectivamente. No efluente real houve diminuição na capacidade de adsorção para todos os materiais em comparação com o efluente sintético, possivelmente pela presença de outros íons e material particulado no meio.

5 Conclusão

O presente trabalho analisou a capacidade de adsorção de $N-NH_4^+$ de materiais sintetizados a



partir de resíduos indústrias. Constatou-se que a concentração final de N-NH_4^+ no efluente real permaneceu acima do limite máximo permitido pela CONAMA N° 430 de 2011, estabelecido em $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ para nitrogênio amoniacal total. Sugere-se assim, a aplicação dos materiais obtidos no tratamento terciário, após as etapas biológicas de depuração, de forma a reduzir a interferência de íons e compostos orgânicos presentes no efluente. Este trabalho permitiu a obtenção de resultados preliminares promissores, ou seja, espera-se que através do emprego de novos testes de adsorção, em conjunto com a otimização dos parâmetros dos processos de sínteses e de adsorção, possa-se obter maiores valores de capacidade de adsorção. Assim, os resultados obtidos no presente trabalho indicaram a possibilidade de aplicação dos resíduos da etapa de flotação da ETE e da queima da caldeira como precursores de materiais adsorventes de N-NH_4^+ .

Referências

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington. 2005.

BORLINI, M. C.; SALES, H. F.; VIEIRA, C. M. F.; CONTE, R. A.; PINATTI, D. G.; MONTEIRO, S. N. Cinza da Lenha para Aplicação em Cerâmica Vermelha. Parte I: Características da Cinza. **Cerâmica**, São Paulo, V.51, p. 192-196, 2005.

BRASIL. Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, 2011.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4th. Edition, New York: McGrawHill, 2003.

WONGWICHEN, J.; ASAVAPISIT, S.; SOMBATSOMPOP, K. Synthesis and Use of Zeolite Na-A from Waste Sludge of Water Treatment Plant for Ammonium Removal. **Chiang Mai J. Sci.**, v.41, n. 5,2, p. 1262-1273, 2014.

Palavras-chave: adsorção; águas; amoniacal; efluente; zeólita.

Financiamento

Os autores agradecem a Universidade Federal da Fronteira Sul, pelo apoio financeiro ao projeto de número de registro PES-2019-0651, aprovado no EDITAL N° 459/GR/UFFS/2019.