



Valorização do Pó de Basalto na Produção de Adsorventes de Baixo Custo: Estudo Bibliográfico

Valorization of Basalt Powder in the Production of Low-Cost Adsorbents: Bibliographic Study

Tais Vendruscolo Finco*, Fernanda Batista de Souza†

RESUMO

Este trabalho busca comprovar por estudos teóricos a eficiência da rocha basáltica em adsorver metais pesados e outros componentes. Os objetivos foram de realizar um levantamento bibliográfico do pó de basalto, de forma a estudar teoricamente suas propriedades de adsorção como equilíbrio, cinética e caracterizá-lo físico-química, morfológica e texturalmente. Além disso foi buscado avaliar financeiramente a viabilidade de utilizar basalto em larga escala. Os materiais para a pesquisa foram extraídos do Periódico Capes. Os resultados demonstraram a eficácia do basalto em adsorver metais pesados e outros componentes além de demonstrar como a utilização da rocha também é economicamente viável.

Palavras-chave: adsorção, basalto, metais pesados, zeólitas.

ABSTRACT

This work seeks to prove through theoretical studies the efficiency of basaltic rock in adsorbing heavy metals and other components. The objectives were to carry out a bibliographical survey of the basalt powder, in order to theoretically study its adsorption properties, such as balance, kinetics and characterize it physicochemically, morphologically and texturally. Furthermore, it is sought to financially assess the feasibility of using large-scale basalt. The materials for the research were taken from the Periodical Capes. The results demonstrated the effectiveness of basalt in adsorbing heavy metals and other components, in addition to demonstrating how the use of the rock is also economically viable.

Keywords: adsorption, basalt, heavy metals, zeolites.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Baggio (2008) observa-se atualmente que os desequilíbrios ambientais, causados pelas ações antropogênicas nos ciclos biogeoquímicos, vêm impactando negativamente o meio físico, biológico e o próprio ser humano. A água é um dos meios mais prejudicados por essas ações. A qualidade da água é uma variável que depende das características naturais e antrópicas. A noção de qualidade muitas vezes está relacionada apenas às características organolépticas, como sabor, odor e cor, no entanto, esses fatores estão ligados apenas à sensibilidade humana e não revelam os reais problemas de comprometimento da qualidade da água.

Quantidades elevadas de matéria orgânica não degradada geradas nos leitos, juntamente com os metais pesados, causam uma intensa alteração na vida aquática. A ação química dos metais pesados tem despertado grande interesse ambiental. Isto se deve, em parte, ao fato de não possuírem caráter de biodegradabilidade, o que determina que permaneçam em ciclos biogeoquímicos globais nos quais as águas naturais são seus principais meios de condução (SAMPAIO, 2003).

* Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil,
taisvendruscolofinco1999@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão (Francisco Beltrão); fernandasouza@utfpr.edu.br



A mudança dos padrões dos metais pesados nos corpos hídricos tem impactos significativos na saúde humana. Os metais pesados incluem alguns elementos que estão presentes nos organismos vivos em pequenas quantidades, que se tornam tóxicos com o aumento das concentrações, enquanto alguns elementos são naturalmente tóxicos. Os efeitos na saúde humana estão relacionados a problemas no sistema nervoso e efeitos cancerígenos, além disso, esses elementos podem causar mutações genéticas e afetar o sistema reprodutivo.

Neste sentido, diferentes métodos convencionais são usados para a remoção de metais pesados, como precipitação química, filtração, troca iônica, eletrocoagulação, separação por membrana e eletrodialise. No entanto, esses métodos apresentam algumas desvantagens como baixa eficiência, alto custo de operação e manutenção, geram lodo causando problemas de disposição ou produzem um poluente secundário, o que limita sua aplicabilidade na situação real (ALEMU et al., 2018).

Em comparação, o método de adsorção é simples de operar, resolve o desafio do descarte de lodo e é um método eficaz para a remoção de metais pesados em soluções aquosas.

“Nas últimas décadas, a demanda industrial global por zeólitas naturais aumentou dramaticamente para se tornar cerca de 2,8 MT / ano” (ESAIFAN et al., 2016, p.01). As zeólitas são rochas que permitem a descontaminação de meios por adsorção, no entanto, seu custo pode acabar sendo elevado, visto que são poucas as zeólitas naturais e seu processo de síntese pode encarecer bastante o produto e nesse caso, como se há muita demanda, acaba se tornando inviável.

No entanto, existem outros meios mais baratos e viáveis de se fazer a adsorção, como por exemplo, utilizando basalto.

De acordo com Alemu et al. (2018) o basalto é uma rocha vulcânica formada pelo resfriamento rápido da lava na superfície da terra. Pedra-pomes e escória são os tipos de rocha basáltica vesicular mais abundantes. Pedra-pomes é uma rocha branca ou cinza finamente porosa espumosa com bolhas de ar e rica em sílica (félsica), enquanto que a escória é texturalmente macrovesicular e mais densa que a pedra-pomes, rocha deficiente em sílica (máfica) possuindo cores diferentes que variam do vermelho ao preto, dependendo de seu mineral composição. O basalto é abundante em muitas partes do mundo, como Europa Ocidental, América Central, Oeste da América do Sul, parte oeste e norte do cinturão do Pacífico, Arábia Saudita, África Central e África Oriental.

A abundância, variação na composição química e variação da natureza da superfície dependendo da composição da fonte e tipos de erupção do magma receberam considerável interesse para avaliar a capacidade do basalto para a remoção de metais pesados de águas residuais por adsorção, sendo este, através do basalto, um método de baixo custo.

2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado através de estudos bibliográficos e o material para pesquisa foi obtido utilizando a plataforma Periódico Capes com as palavras chaves de pesquisa: adsorption, basalt, heavy metals e zeolites. Os artigos foram selecionados de acordo com os objetivos do trabalho, que compreendiam estudar teoricamente o pó de basalto avaliando suas propriedades de adsorção, como equilíbrio e cinética além de caracterizá-lo físico-química, morfológica e texturalmente.

3 RESULTADOS

3.1 Síntese do adsorvente

Para o estudo da atividade adsorptiva do basalto, a literatura propõe diversas formas de prepará-lo para os testes. Para o artigo de Alemu et al. (2018) as rochas de basalto usadas na pesquisa foram inicialmente coletadas ao redor da cidade de Bahir Dar (noroeste da Etiópia) perto do Lago Tana e ao redor da foz do rio Abbay (Nilo Azul). As rochas foram esmagadas e peneiradas para decifrar tamanhos de partículas variando entre 90 e 500 mm. Essas amostras foram lavadas com água ultra-pura e secas em estufa a 105°C durante a noite. Eles foram



deixados em repouso durante a noite para esfriar até a temperatura ambiente antes de serem usados nos experimentos de adsorção em batelada. Esta forma de preparo foi desenvolvida para a adsorção usando diretamente o pó de basalto.

Há ainda muitos estudos bibliográficos que utilizam do basalto como matéria-prima para a síntese de zeólitas, por possuírem maior potencial de adsorção. Um exemplo mostrado por Esaifan et al. (2016) demonstra a síntese de zeólita, onde a rocha basáltica foi inicialmente obtida na margem do rio Hantan em Cheorwon-gun, Coreia do Sul, foi triturada e moída até um tamanho médio de partícula de aproximadamente 30 μm . O basalto foi pré-tratado por meio de um tratamento aquoso ácido sendo submetido a refluxo com uma solução aquosa de ácido clorídrico 1 M a 80 °C por 2 h para remover o óxido de ferro que é conhecido por ser indesejável para a síntese de zeólitas. O basalto foi seco a 120 °C por 12 h antes da síntese da zeólita. Os componentes amorfos SiO_2 e Al_2O_3 em basalto foram usados como fonte precursora de zeólita (Si e Al). O procedimento de síntese começou misturando 10 g de pó de basalto pré-tratado com 20 g de hidróxido de sódio moído. A mistura foi alcalinizada ao ar a 500 °C durante 1 h em um forno. O produto alcalinizado foi triturado e transferido para um frasco de 250 ml com uma tampa de rosca contendo 100 ml de água destilada, que foi então misturado à temperatura ambiente por 2 h. A solução extraída foi separada em sobrenadante e sólido por filtração. Para a solução de sobrenadante, alumino-silicato foi vertido em um reator de frasco redondo de 250 ml com 5g de óxido de alumínio de sódio, no qual o processo de síntese de zeólito foi realizado a 90 °C por durações de 2, 4, 8, 12 e 24 h para experiências separadas. Neste processo, as misturas foram agitadas a 500 rpm por agitador mecânico. Em seguida, a parte sólida separada por filtração foi completamente lavada com água destilada e seca a 120 °C durante 12 h.

3.2 Caracterização do Pó de Basalto

Segunda Alemu et al. (2018) As análises de basalto em pó revelaram a presença de plagioclásio, piroxênio (augita), quartzo, olivina, goethita, hematita e magnetita, o que está de acordo com outros estudos, sendo plagioclásio o mineral mais abundante, seguido pelo piroxênio (augita) e quartzo.

A composição elementar da Tabela 1 indica que os elementos dominantes no basalto são o oxigênio (O) e o silício (Si), cujas composições percentuais em peso são 48,46 e 17,37%, respectivamente. Outros elementos alumínio (Al), ferro (Fe), cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K) e magnésio (Mg) também são identificados na amostra.

Segundo Esaifan et al. os principais óxidos (% em peso) encontrados na rocha basáltica foram SiO_2 (40–43%), Al_2O_3 (12–15%), Fe_2O_3 (11–13%), CaO (10–12%), MgO (9–10%) e TiO_2 (2–3%). Os componentes minerais essenciais foram plagioclásio, clinopiroxênio, olivina e magnetita.

3.3 Adsorção de metais em Pó de Basalto

Para o caso de adsorção de metais pesados, Alemu et al. (2018) realizou estudos com a adsorção de Cr (VI). Para este caso a partir da análise EDS (espectroscopia por energia dispersiva), foi possível observar a adsorção de Cr (VI), constada na Tabela 1.



Tabela 1 - Composição elementar do basalto antes da adsorção (A) e após a adsorção (B) pela análise EDS

Elemento	Peso (%)	Atômica (%)
A		
O	48,46	63,42
Mg	0,87	0,7
Al	9,55	6,95
Si	17,37	14,62
Ca	8,8	4,31
Fe	8,83	3,93
Na	4,87	5,27
K	1,25	0,8
Total	100	100
B		
O	46,41	54,63
Mg	0,85	0,76
Al	9,52	7,91
Si	17,25	14,17
Ca	7,9	5,08
Fe	8,64	6,83
Na	4,46	7,5
Cr	4,97	3,12
Total	100	100

Fonte: Adaptado de Alemu et al (2018)

Para os estudos de cinética de adsorção de Cr (VI) no basalto, os dados bibliográficos foram modelados por ajuste de equações cinéticas de adsorção de pseudo-primeira ordem, demonstrada pela Eq. (1) e pseudo-segunda ordem, como mostra a Eq. (2):

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2.303} \quad (1)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (2)$$

onde q_e (mg/kg) são as quantidades de Cr (VI) adsorvidas no equilíbrio; q_t (mg/kg) é a quantidade de Cr (VI) no tempo t (min) e k_1 (min^{-1}) e k_2 ($\text{kg/mg} \cdot \text{min}$) são as constantes de taxa de adsorção de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem, respectivamente.

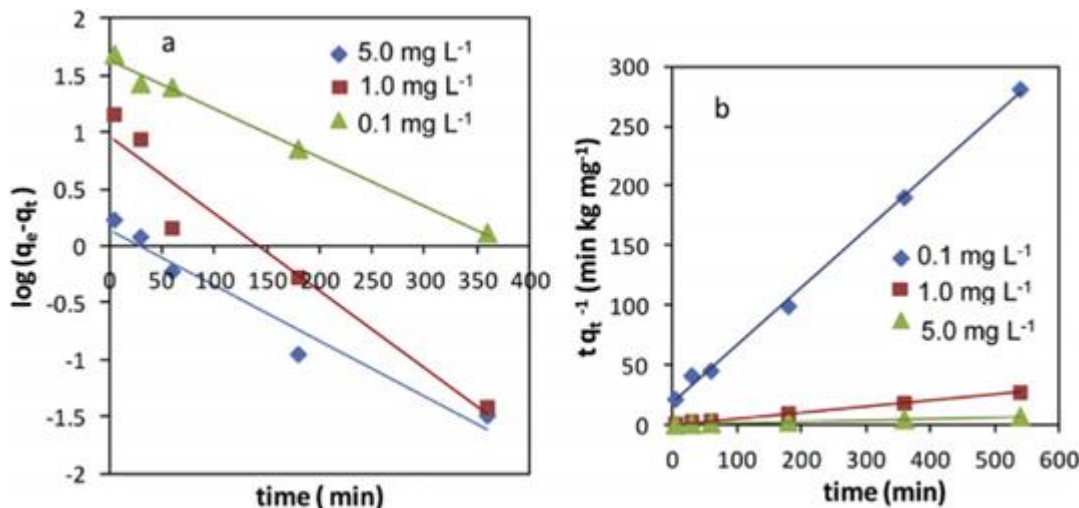
A Tabela 2 e Figura 1 mostram a modelagem dos dados utilizando três diferentes concentrações de basalto (C_0) de forma a observar que cinética descreve melhor essa adsorção.

Tabela 2 - Parâmetros cinéticos para a adsorção do cromo (VI) em basalto

C_0 (Mg/L)	Pseudo-primeira-ordem			Pseudo-segunda-ordem		
	$k_1(\text{min}^{-1})$	$q_e(\text{mg/kg})$	R^2	$k_2(\text{kg/mg} \cdot \text{min})$	$q_e(\text{mg/kg})$	R^2
5	0,01	1,14	0,938	0,00	83,33	0,999
1	0,01	9,53	0,923	0,01	20,41	0,999
0,1	0,01	49,89	0,989	0,34	2,09	0,997

Fonte: Adaptado de Alemu et al (2018)

Figura 1 - Cinética para a adsorção de Cromo (VI) em basalto: a) Pseudo-primeira-ordem; b) Pseudo-segunda-ordem



Fonte: Adaptado de Alemu et al (2018)

Os coeficientes de correlação (R^2) para a segunda ordem a equação cinética foi de 0,99 para todas as concentrações (Tabela 2). Os valores de q_e calculados também concordam bem com os dados experimentais. Isso indica que o modelo cinético de pseudo-segunda ordem é adequado para descrever a cinética de adsorção de Cr (VI) em basalto.

O tempo necessário para atingir o equilíbrio também foi avaliado e para as concentrações iniciais de 0,1 mg/L, 1 mg/L e 5 mg/L foram 180, 360 e 540 min, respectivamente. Para concentrações iniciais mais baixas (0,1 mg/L), o processo de adsorção ocorreu muito rapidamente, com uma adsorção máxima de 1,93 mg/kg. Para maior concentração inicial de 5 mg/L, a adsorção máxima de basalto no equilíbrio foi de 79,20 mg/kg. Isso está de acordo com outros estudos de adsorção de Cr (VI) de uma solução aquosa em uma superfície sólida (ALEMU et al., 2018, p.11).

3.4 Análise de Custo

Além da cinética e equilíbrio da reação, também foi buscado avaliar o custo do adsorvente. Segundo Alemu et al (2018) o custo médio do adsorvente no ano de 2017 foi de cerca de US \$14 ton⁻¹ na cidade de Bahir Dar (Etiópia). Este custo inclui todas as despesas como transporte, energia elétrica para trituração, trabalho humano, etc. Na Tabela 3, os custos estimados de outros adsorventes são comparados com o basalto.

Tabela 3 - Custo estimado de basalto e outros adsorventes relacionados na literatura

Adsorventes	Preço (US \$ ton ⁻¹)
Zeólita Natural	840,34
Cinzas Volantes	490,2
Carvão Ativado Comercial	20000
Diatomita	92
Perlita	<1500
Carbono Ativado Granular Comercial	3300
Basalto	16

Fonte: Adaptado de Alemu et al (2018)



4 CONCLUSÃO

Neste estudo bibliográfico foi avaliado o potencial de basalto na remoção de metais pesados de solução aquosa, em específico Cr (VI). O basalto foi caracterizado usando técnica de espectroscopia por energia dispersiva (EDS). A análise bibliográfica indicou que plagioclásio, piroxênio, sílica, olivina, goethita, hematita e magnetita foram os principais componentes do basalto. Os componentes minerais essenciais encontrados foram plagioclásio, clinopiroxênio, olivina e magnetita. Os estudos cinéticos indicaram que o tempo necessário para atingir o equilíbrio de adsorção depende das concentrações iniciais de Cr (VI), sendo que concentrações iniciais mais baixas atingem o equilíbrio mais rápido do que as outras concentrações iniciais mais altas. A capacidade máxima de adsorção de Cr (VI) no equilíbrio foi de 79,20 mg/kg a uma dose de 50 g/L com concentração inicial de Cr (VI) de 5 mg/L. Também verificou-se que o modelo cinético de pseudo-segunda-ordem descreve melhor a adsorção individual de Cr (VI) em pó de basalto. Portanto, a remoção de Cr (VI) de águas poluídas por adsorção utilizando basalto como adsorvente parece ser viável. Além disso, através da análise financeira apresentada na literatura, é possível observar que o basalto além de ser viável por suas características de adsorção, também é viável economicamente, se tornando um bom potencial adsorvente de baixo custo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a UTFPR por disponibilizar o acesso livre a plataforma Periódico Capes, que foi essencial para o desenvolvimento desse estudo através do acesso dos artigos.

REFERÊNCIAS

- ALEMU, A. et al. **Removal of chromium (VI) from aqueous solution using vesicular basalt: A potential low-cost wastewater treatment system.** Helyion: Elsevier Ltd, 2018.
- ESAIFAN, M. et al. **Synthesis of hydroxysodalite zeolite by alkali-activation of basalt powder rich in calc-plagioclase.** Advanced Powder Technology: Elsevier Ltd, 2016.
- SAMPAIO, Antônio. **Metais Pesados na Água e Sedimentos dos Rios da Bacia do Alto Paraguai.** Campo Grande, 2003.
- SANTOS, M. et al. **Análise da Concentração e Distribuição de Metais Pesados na Água do Rio das Velhas entre a Cidade de Várzea da Palma e o Distrito de Barra do Guaicuí-MG.** Revista Cerrados (Unimontes), 2018.