

Avaliação do potencial uso de resíduos de materiais de construção civil para a adsorção de metais tóxicos

Evaluation of the potential use of construction material waste for the adsorption of toxic metals

RESUMO

Camilla Dorini Machado

camilla@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Marcos André Bechlin

mabechlin@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Na natureza existem fontes que podem liberar metais tóxicos em variadas concentrações no ambiente, porém, com o elevado desenvolvimento industrial das últimas décadas, o nível de poluição ambiental vem crescendo consideravelmente. Desse modo, faz-se necessário a busca por processos que possam ser empregados para sua remoção do ambiente. O uso de rejeitos de construção civil como material adsorvente surge como uma nova alternativa, em que agregaria valor econômico, reduziria o volume de resíduos dispostos em aterros sanitários, além de ser uma alternativa de custo reduzido. Este trabalho avaliou o potencial uso de resíduos de construção civil como o tijolo e concreto na adsorção de metais pesados, como o Cr e Pb, otimizando as condições de pH e massa do material adsorvente, para futuramente determinar a cinética de adsorção de cada metal no material. Com as análises realizadas até o momento foi possível demonstrar que estes rejeitos obtiveram uma eficiência adsorviva.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção. Metais pesados. Redução de resíduos.

ABSTRACT

In nature there are sources that can release toxic metals in various concentrations in the environment, but with the high industrial development of recent decades, the level of environmental pollution has been increasing considerably. Therefore, it is necessary to search for processes that can be used for their removal from the environment. The use of civil construction waste as an adsorbent material appears as an alternative, in which it added economic value, reduce the volume of waste disposed of in landfills, besides being a low-cost alternative. This work evaluated the use of civil construction waste, such as, brick and concrete in the adsorption of toxic metals, such as Cr and Pb, optimizing pH and mass conditions of the adsorbent material, to determine the adsorption kinetics of each metal in future. With the analyses performed so far it has been possible to demonstrate that these rejects have obtained an adsorbing efficiency.

KEYWORDS: Adsorption. Heavy metals. Waste reduction.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Metais tóxicos são liberados em diversas concentrações na natureza diariamente, porém, com o elevado desenvolvimento industrial ocorrido nas últimas décadas, o nível de poluição na atmosfera, água e solo vêm crescendo consideravelmente, afetando diretamente na saúde humana devido à sua toxicidade, uma vez que esses metais possuem propriedades não biodegradáveis e comportamento cumulativo (HU et al., 2017). Os sintomas causados pela contaminação com esses metais, vão dos mais leves, como lesões na pele e insônia, até os mais graves, como necrose de fígado e rins, problemas nos sistemas circulatório, respiratório e até mesmo causar câncer, podendo ainda, levar à morte (MUNIZ et al., 2006). Entre os metais tóxicos mais perigosos estão o mercúrio, cádmio, cromo e chumbo, que diferem de outros agentes tóxicos pelo fato de não ser sintetizado nem destruído pelo homem.

Desse modo, visando diminuir os teores desses metais e os riscos de contaminação causados por eles, faz-se necessário a busca por novos processos que possam ser empregados para sua remoção do meio ambiente e dos resíduos industriais que possam contê-los.

Atualmente, algumas metodologias são empregadas para sua remoção, dentre as quais se destacam a precipitação, adsorção, filtração com membranas e foto catálise (BARAKAT, 2011). A adsorção surge como uma das técnicas mais empregadas, a qual se baseia na transferência do metal tóxico do efluente (fase líquida) para o material adsorvente (fase sólida) onde este fica retido devido a interações físicas e/ou químicas. Os pontos atrativos da adsorção surgem do seu custo-benefício e facilidade de aplicação (DE GISI et al., 2016).

De acordo com levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) em 2012 a produção anual de resíduos da construção civil no Brasil foi de 31 milhões de toneladas, valor este bastante expressivo e, que representa entre 50 e 70% da massa de resíduos sólidos urbanos gerados nos municípios brasileiros (IPEA, 2012). A reutilização destes para tratamento de efluentes industriais, agregaria valor econômico a materiais usualmente descartados, reduziria o volume de resíduos dispostos em aterros sanitários municipais, além de ser uma alternativa de custo reduzido.

Estudos presentes na literatura demonstraram que rejeitos compostos principalmente de tijolo e concreto, foram efetivos na remoção de metais tóxicos como Cd, Cu e Pb de águas pluviais urbanas (WANG et al., 2015). Assim, a avaliação do emprego de rejeitos de construção civil para remoção de metais tóxicos se apresenta promissora e, permitiria avanços econômicos, sociais e ambientais nas esferas municipais, estaduais e federal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos laboratórios do departamento de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em Ponta Grossa – PR, e as amostras coletadas dentro da própria universidade, essas, rejeitos de construção civil: tijolo e concreto, obtendo dessa forma, duas composições diferentes a serem caracterizadas.

Inicialmente, essas amostras foram colocadas em estufa a 90 °C para remoção da umidade presente. Então, foram moídas utilizando um martelo de modo a produzir grânulos menores os quais possuem maior área superficial. Devido a heterogeneidade do material obtido realizou-se o peneiramento do mesmo, com o intuito de obter a granulometria média. Os materiais foram separados em um conjunto de peneiras nos intervalos -14 mesh, +14-20 mesh, +20-48 mesh, +48-100 mesh e +100 mesh, no caso do tijolo, e, -14 mesh, +14-20 mesh, +20-32 mesh, +32-48 mesh, e +48 mesh, no caso do concreto.

A determinação da concentração dos metais em solução foi realizada usando um espectrômetro de absorção atômica em chama, modelo AAnalyst 700 da marca Perkin Elmer, equipado com lâmpadas de cátodo oco de Cd, Cr, Cu e Pb, onde curvas de calibração foram preparadas diariamente pela diluição apropriada de padrões analíticos 1000 mg/L dos elementos citados acima com água deionizada.

Para determinar-se quais granulometrias seriam utilizadas para os testes posteriores com as amostras de tijolo e concreto, foi realizado um teste de adsorção utilizando uma solução de cobre 2,5 mg/L, preparada diluindo 50 µL de uma solução 500 mg/L de cobre para 10 mL na qual foram adicionados 1,0 g de material. O sólido permaneceu em contato com a solução por um período de 60 min.

Após esta análise, foi realizada a caracterização da superfície dos materiais que obtiveram melhor absorbância, determinando o tamanho médio das partículas, foi empregada a microscopia eletrônica de varredura (MEV), marca TESCAN, modelo VEGA3, que produz imagens de alta ampliação e resolução, é a transcodificação da energia emitida por elétrons. Além disso, a composição elementar dos dois materiais foi determinada empregando-se a espectroscopia de energia dispersiva (EDS), uma análise realizada por um equipamento acoplado ao MEV que permite fazer uma avaliação química qualitativa e semiquantitativa de amostras.

Também foi feita a análise de estabilidade, através da variação do pH para estabelecer a melhor condição. Este tipo de metodologia permite a otimização das condições de emprego do material e, serve como indicativo para quais tipos de efluente os rejeitos de construção civil apresenta melhores resultados. Além disso, possibilita que possíveis interações entre as variáveis sejam observadas e consideradas. Os materiais foram expostos à uma faixa de pH entre 0 e 14, pesando as massas dos materiais e, em seguida, adicionado 25 mL de água deionizada, ajustando o pH para o valor desejado empregando ácido nítrico, hidróxido de sódio e os fosfatos de sódio mono e dibásico, sendo o valor aferido usando um pHmetro, aqueles que foram mais estáveis, ou seja, não dissolveram, foram empregados nas análises seguintes. Foi realizado então, o teste de massa, em triplicata para uma melhor precisão, utilizou-se os valores de pH que obtiveram melhor resultado, com massas de 0,25 g e 0,50 g, uma solução foi preparada em um tubo de ensaio contendo 10 mL de cobre, 20 mL de água destilada, e com as diferentes massas das amostras, onde foi ajustado o pH da mesma maneira descrita anteriormente, e, analisada no espectrômetro através de alíquotas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como citado anteriormente, após a coleta dos materiais estes passaram por um processo de moagem para redução do tamanho de partículas. Porém, devido a heterogeneidade do material obtido optou-se por realizar um processo de peneiramento. Para tal, empregou-se uma peneira vibratória utilizando peneiras de diferentes tamanhos, obtendo-se então cinco frações de diferentes granulometrias. Inicialmente, tinha-se massas totais de 267, 48 g e 259,12 g para o concreto e tijolo, respectivamente. Na tabela 1 são apresentados os dados referentes a distribuição das massas dos dois materiais nas diferentes frações granulométricas, juntamente com o diâmetro médio esperado para as partículas baseado no tamanho das peneiras.

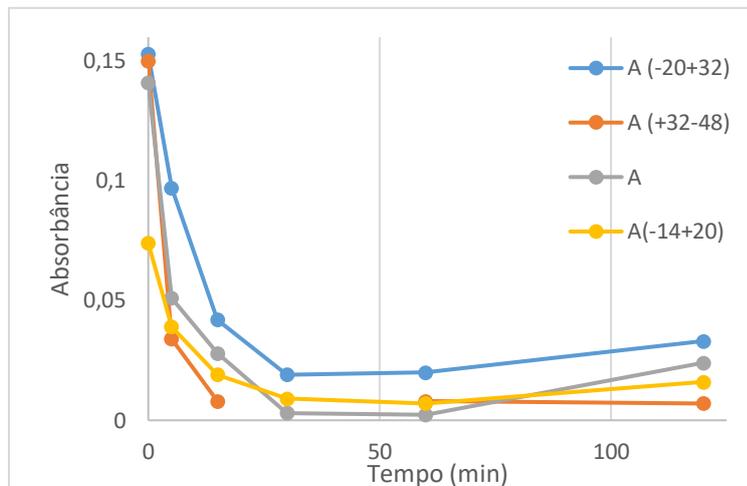
Tabela 1. Distribuição das massas do concreto e do tijolo nas diferentes frações granulométricas.

CONCRETO			
MESH	massa (g)	% da massa total	d médio (mm)
14	68,6	26	1,168
-14 + 20	31,9	12	1,0005
-20 + 32	58,5	22	0,664
-32 + 48	38,7	14	0,395
-48	69,8	26	0,245
TIJOLO			
MESH	massa (g)	% da massa total	d médio (mm)
14	109,2	42	>=1,168
14-20	24,2	09	1,0005
20-48	58,5	22	0,564
48-100	23,8	09	0,221
100	43,5	17	<=0,147

Fonte: Autoria própria (2020).

Após a separação das diferentes frações, realizaram-se testes de adsorção de cobre com o objetivo de determinar qual a fração que fornece maiores eficiências de remoção. Com base na redução das absorbâncias, conforme observado nas Figuras 1 e 2, conclui-se ao analisar as curvas de adsorção para as frações do concreto que a granulometria +32-48 foi quem obteve um melhor resultado, apresentando uma adsorção de 95% do Cu em apenas 10 min.

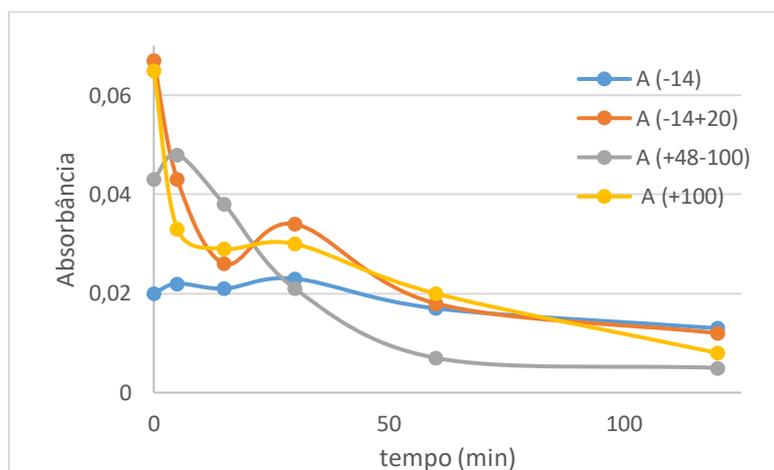
Figura 1. Curva absorbância versus tempo do concreto.



Fonte: Autoria própria (2020).

Da mesma maneira, ao analisar as curvas das amostras de tijolo, quem conseguiu um menor valor de absorbância foi a fração +100, representando uma adsorção 89% do metal em um tempo inferior aos das demais frações avaliadas.

Figura 2. Curva absorbância versus tempo do tijolo.



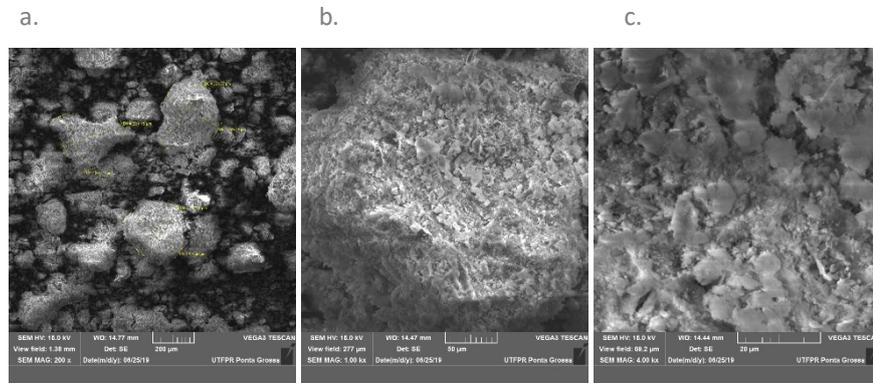
Fonte: Autoria própria (2020).

Foram obtidas imagens para as amostras de concreto de todas as frações granulométricas, porém como optou-se por se trabalhar com as partículas menores, devido a sua maior efetividade de adsorção são apresentadas nas figuras 3 e 4 as microscopias para o concreto e tijolo, respectivamente, em diferentes níveis de aumento.

No que se refere ao concreto com granulometria maior que 100 mesh, as partículas possuem dimensões inferiores a 300x250 μm , em média (Fig. 3A). Além disso, observa-se, nas Figuras 3B e 3C com aproximações de 2000 e 4000x, respectivamente, que a superfície do material é rugosa não possuindo uma quantidade relativa de poros, assim, espera-se que o processo de adsorção não ocorra por meios físicos e sim por adsorção química devido a interação dos grupos

negativamente carregados existentes na superfície do material com os metais tóxicos a serem adsorvidos.

Figura 3. Microscopia do concreto com dimensões inferiores a 300x250 µm.

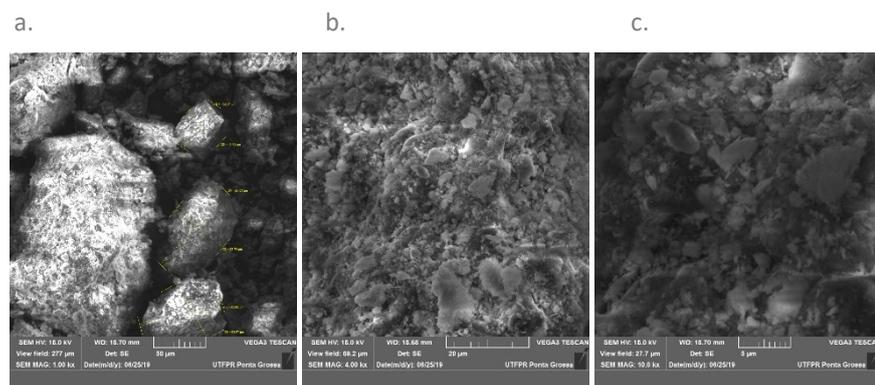


Fonte: Autoria própria (2020).

Para o tijolo com granulometria superior a 100 mesh observa-se (Fig. 4A) que o tamanho médio das partículas se encontra na faixa de 100x50 µm, valores esses inferiores aos observados para o concreto. A aproximação das imagens em 4000 e 10000x, respectivamente, nas Figuras 4B e 4C, demonstra uma morfologia do tijolo similar ao concreto, de modo que a adsorção nos dois materiais deve ocorrer por mecanismos parecidos, diferenciando-se entre si pelos grupamentos que se encontram presentes na superfície.

Observa-se que os valores obtidos para os tamanhos de partícula por MEV são condizentes com os resultados encontrados no peneiramento, pois as partículas de concreto são ligeiramente maiores do que as observadas para o tijolo.

Figura 4. Microscopia do tijolo com dimensões na faixa de 100x50 µm.



Fonte: Autoria própria (2020).

Após a caracterização da superfície do material realizaram-se medidas da composição elementar do concreto e do tijolo empregando-se a espectroscopia de energia dispersiva (EDS). Foi possível observar que os componentes majoritários do concreto são oxigênio, cálcio e silício, que correspondem a 92% da composição deste material. Assim, espera-se que muitos grupamentos negativamente carregados estejam presentes na superfície deste material.

Já o tijolo é basicamente um aluminossilicato, sendo os elementos Al, O e Si responsáveis por, aproximadamente, 95% da composição elementar deste

material, sendo esperado um comportamento similar ao do concreto, uma vez que este tipo de composto é caracterizado por possuir grupamentos negativos.

Após a caracterização dos dois materiais eles foram usados em testes para otimização da massa e pH no qual a taxa de adsorção é maximizada. Nas condições avaliadas observou-se que as maiores efetividades se deram em pH 4 e massa de 0,25 g, sendo que essas condições serão utilizadas nos testes de adsorção posteriores. O pH 4 se mostrou mais efetivo, pois, os sítios de adsorção se tornaram mais ativos nesta condição.

CONCLUSÃO

Através desses resultados foi possível observar, no caso do concreto, as partículas menores possuem uma maior efetividade de adsorção, e para o tijolo foi observado que o tamanho médio das partículas se encontra numa faixa inferior aos observados para o concreto. Na análise da superfície do material, o concreto apresentou rugosidade, não possuindo uma quantidade considerável de poros, demonstrando que adsorção deve ocorrer preferencialmente por outros mecanismos aquém da adsorção física, já o tijolo demonstra uma morfologia similar, de modo que a adsorção nos dois materiais deve ocorrer por mecanismos parecidos.

Ao ser feita medidas da composição elementar do concreto e do tijolo, os componentes majoritários do concreto são oxigênio, cálcio e silício, que correspondem a 92% da composição deste material. O tijolo é basicamente um aluminossilicato, sendo os elementos Al, O e Si responsáveis por, aproximadamente, 95% da composição elementar deste material, sendo esperado um comportamento similar ao do concreto, uma vez que, este tipo de composto é caracterizado por possuir grupamentos negativos.

Após todos os testes realizados, a maior eficiência na remoção dos metais tóxicos, após a otimização nas condições de pH e massa, foi obtida com pH 4 e massa de 0,25 g para os dois materiais testados. Ainda há trabalhos futuros a serem realizados, mas já é possível demonstrar que rejeitos de construção civil, compostos principalmente de tijolos e concreto, são efetivos na remoção de metais tóxicos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação Araucária, a UTFPR, e ao meu professor orientador Prof. Dr. Marcos André Bechlin.

REFERÊNCIAS

BARAKAT, M.A. **New trends in removing heavy metals from industrial wastewater**. Arab. J. of Chem. v. 4, p. 361-377, 2011.

DE GISI, S.; LOFRANO, G.; GRASSI, M.; NOTARNICOLA, M. Characteristic and absorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: A review. Suist. **Materials and Tech**. v. 9, p. 10-40, 2016.

Hu, Bifeng et al. Assessment of Heavy Metal Pollution and Health Risks in the Soil-Plant-Human System in the Yangtze River Delta, China. **International journal of environmental research and public health**, vol. 14,9 1042. 10 Sep. 2017.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/9/1042>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Instituto de Pesquisa Econômica Avançada (Ipea). **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil** – Relatório de Pesquisa. 2012.

MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; OLIVEIRA- FILHO, Eduardo Cyrino. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**. 2006. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/cienciasaude/article/view/24/40>. Acesso em: 20 jun. 2020.

WANG, Jianlong et al. Adsorption characteristics of construction waste for heavy metals from urban stormwater runoff. **Chinese Journal of Chemical Engineering**. v.23, n.9, Sep. 2015, p. 1542-1550. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2015.06.009>. Acesso em: 7 out. 2020.