

ÁREA TEMÁTICA: Reciclagem

UTILIZAÇÃO DE COMPOSTO PRODUZIDO POR MEIO DA COMPOSTAGEM EM REATOR DE CIGARRO CONTRABANDEADO E LODO DE ESGOTO NA REMOÇÃO DE CROMO

*Sandro Xavier de Campos*¹(campos@uepg.br), *Rosimara Zittel*¹(r_roseuepg@hotmail.com),
*Cleber Pinto da Silva*¹(qaasuepgcleber@gmail.com), *Daniele Cristina Hass*
*Seremeta*¹(danicrsh89@hotmail.com), *Cinthia Eloise Domingues*¹(cinthia_eloise@hotmail.com).

1-Grupo de Química Analítica Ambiental e Sanitária (QAAS)
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

RESUMO

O aumento das atividades antrópicas, industriais e tecnológicas tem gerado impactos em diferentes matrizes ambientais devido à contaminação por metais potencialmente tóxicos. A adsorção tem se mostrado uma alternativa promissora devido à sua alta eficiência, baixo custo e não formação de subprodutos. Este trabalho teve como principal objetivo aplicar como adsorvente o composto produzido a partir da compostagem de tabaco de cigarros contrabandeados (TCC) e lodo de esgoto industrial (LEI) na remoção de cromo (Cr) em água. Para caracterização do composto obtido foram realizadas análises elementares (C, N e C/N) e de capacidade de troca catiônica (CTC). A eficiência do processo de adsorção para o cromo foi avaliada em relação a concentração do composto e porcentagem de adsorção, como também pelas técnicas de FTIR e FEG- EDX. A partir das caracterizações observou-se que o composto estava maturado com razão C/N igual a 11 e que apresentou um alto valor de CTC ($708,41 \pm 29,18$). Os resultados de FTIR e FEG- EDX mostraram que grupamentos hidroxila, carbonila e carboxila são os principais responsáveis pela adsorção do Cr no composto. Foi possível remover 75% de cromo com uma concentração de 1 g L^{-1} do composto e o aumento para até 10 g L^{-1} do composto, não proporcionou maior eficiência de remoção. O teste de lixiviação obtido foi de $0,332 \text{ mg L}^{-1}$ para o Cr, mostrando que o metal está fortemente adsorvido ao composto. Conclui-se que o composto obtido da compostagem de TCC e LEI pode ser um eficiente adsorvente de Cr em água.

Palavras-chave: Cigarro Contrabandeado; Compostagem em Reator; Biosorvente.

USE OF COMPOST PRODUCED BY COMPOSTING OF SMUGGLED CIGARETTES TOBACCO AND SEWAGE SLUDGE IN REACTOR IN CHROME REMOVAL

ABSTRACT

The increase in anthropic, industrial and technological activities has generated impacts on different environmental matrices due to the contamination by potentially toxic metals. Adsorption has been shown to be a promising alternative due to its high efficiency, low cost and no formation of by-products. This work had as main objective to apply as adsorbent the compost produced from the composting of smuggled cigarette tobacco (SCT) and industrial sewage sludge (ISS) in the removal of chromium (Cr) in water. To characterize the compost obtained by elementary analyzes (C, N and C/N) and cation exchange capacity (CTC) were performed. The efficiency of the adsorption process for chromium was evaluated in relation to the concentration of the compost and percentage of adsorption, as well as by the techniques of FTIR and FEG-EDX. From the characterizations it was observed that the compost was matured with a C/N ratio equal to 11 and that it had a high CTC value (708.41 ± 29.18). The results of FTIR and FEG-EDX showed that hydroxyl, carbonyl and carboxyl groups are the main responsible for the adsorption of Cr in the compost. It was possible to remove 75% of chromium with a concentration of 1 g L^{-1} of the compost and the increase to 10 g L^{-1} of the compost did not provide greater removal efficiency. The leaching test obtained was 0.332 mg L^{-1} for Cr, showing that the metal is strongly adsorbed to the compost. It is concluded that the compost obtained from the composting of SCT and ISS can be an efficient Cr adsorbent in water.

Keywords: Smuggled Cigarette; Reactor Composting; Biosorbent.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade o homem utiliza processos produtivos para desempenhar suas atividades básicas, como alimentação, transporte, vestimenta, habitação entre outros. O aumento dessas atividades e o desenvolvimento de novas tecnologias tem gerado impactos em diferentes matrizes ambientais devido à contaminação por diferentes resíduos, tais como resíduos provenientes de metais pesados. Alguns metais são essenciais e exercem papel determinante nos processos metabólicos de muitos organismos, porém outros mesmo em baixas concentrações, não exercem função biológica conhecida e podem causar algum tipo de malefício para os seres vivos. O cromo (Cr) é um elemento amplamente distribuído na crosta terrestre, estando muito presente em solos, água e em materiais biológicos. Os compostos de Cr são usados para produção de aço, na fabricação de ligas metálicas e estruturas da construção civil, produção de baterias, como protetor de madeira, indústria de vidro e revestimento, curtimento de couro, fertilizantes, manufatura química (corantes têxteis, pigmentos), entre outros. As espécies de Cr apresentam comportamento e toxicidade amplamente distintas. Desde 1990, a Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC) classificou os compostos de Cr^{+6} como agentes cancerígenos. Os principais problemas relacionados a acumulação do metal em órgãos vitais humanos e animais são: inflamações a pele, danos renais, hepáticos, gastrointestinais e cardiovasculares e câncer pulmonar (VAGHETTI, 2009; CAROLIN et al., 2017). A contaminação do meio aquático por Cr é uma das maiores preocupações ambientais e ocorre por descarga de efluentes residuais gerados em indústrias de, galvanoplastia, curtumes e manufatura química (CAROLIN et al., 2017). Nos compartimentos ambientais o Cr é persistente e indestrutível podendo se acumular nas cadeias alimentares causando efeitos deletérios. Diversos métodos tem sido citados na literatura para remoção de Cr ambientes aquosos, tais como coagulação, troca iônica, filtração por membranas, precipitação química, extração por solvente, tratamentos eletroquímicos, os quais apresentam como desvantagens a baixa eficiência, alto custo operacional, período prolongado de execução e geração e disposição de produtos tóxicos de difícil descarte (SCANCAR.; MILACIC, 2014). Uma alternativa promissora que tem sido estudada

para remoção de metais em ambientes aquosos é a adsorção, que consiste na acumulação de um soluto líquido (adsorbato) à superfície de um sólido (adsorvente) e possui diversas vantagens como à facilidade de operação, custo-efetividade, eficiência e abundância relativa dos materiais utilizados como adsorventes.(CAROLIN et al., 2017; LI et al., 2017; BURAKOV et al., 2018). Nesta perspectiva, diversos materiais têm sido desenvolvidos e relatados como adsorventes para remoção de metais pesados podendo ser de origem natural, orgânicos, inorgânicos, biológicos, ativados ou modificados em que pode-se citar carvão ativado, nanotubos de carbonos, zeólitas, bactérias, fungos, biomassa microbiana originada de rejeitos industriais, ácidos húmicos, materiais poliméricos, entre outros. A aplicação de produtos de compostagem como adsorventes de espécies metálicas de corpos d'água é um tema relativamente recente com poucos trabalhos publicados (SEREMETTA, et al. 2019).Dois resíduos provenientes da produção industrial, gerados em grande escala e considerados passivos ambientais são o tabaco de cigarro contrabandeado (TCC) e o lodo de estação de tratamento de esgoto industrial (LEI) que apresentam necessidade de tratamento e destinação adequada. Ambos são resíduos orgânicos e podem ser convertidos em um composto humificado por meio da compostagem. A compostagem em reatores é uma alternativa interessante para a produção do composto, sendo uma tecnologia promissora, segura e de fácil manejo (SILVA et al., 2016a, 2016b; CAMPOS et al., 2017; ZITTEL et al., 2018b, 2018b). Devido as características de compostos provenientes de processos de compostagem é necessário realizar um procedimento de caracterização dos mesmos para verificação de sua identidade, avaliar alguns parâmetros de maturidade e degradação do composto, bem como o grau de humificação e a possível capacidade de retenção de contaminantes. Assim, para essa caracterização alguns parâmetros como capacidade de troca catiônica-CTC , razão C/N, ,Microscopia Eletrônica de Varredura por emissão de campo (FEG) acoplada a micro análise EDX (Raio X por Energia Dispersiva) Infravermelho com Transformada de Fourier - FTIR) vêm sendo utilizados . A CTC tem sua origem nas cargas negativas oriundas dos grupos carboxílicos e fenólicos (DORES-SILVA; LANDGRAF; REZENDE, 2013). Estes grupos apresentam um átomo de hidrogênio dissociável ligado ao oxigênio e essa dissociação libera cargas negativas, as quais podem ser ocupadas por outros cátions como metais pesados. A análise elementar fornece dados quantitativos relacionados a presença de carbono (C) e nitrogênio (N). As razões C/N e CTC/COT são indicativos do grau de maturação e qualidade dos fertilizantes orgânicos (SENESI et al., 2007). O uso de técnicas espectroscópicas como o Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) torna possível a identificação da composição química e de grupos funcionais (PROVENZANO et al., 2001). As análises de FEG-EDX são utilizadas para indicar se o mecanismo de troca iônica e adsorção-complexação podem estar envolvidos na remoção de metais. Sendo assim, o entendimento das características do material obtido da compostagem em reatores de tabaco de cigarros contrabandeados e lodo de esgoto industrial foi determinante para aplicá-lo como um pretenso adsorvente de cromo em água, visto ser um material recentemente produzido e estudado.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo utilizar como adsorvente o composto produzido a partir da compostagem em reator de tabaco de cigarros contrabandeados (TCC) e lodo de esgoto industrial (LEI) na remoção de cromo (Cr) em água e utilizar diferentes técnicas analíticas para analisar os resultados.

3. METODOLOGIA

Biosorvente

O compostos húmico (CH) utilizado neste trabalho como biosorvente é proveniente da compostagem em reator de tabaco de cigarro contrabandeado (1,3 Kg) misturado a lodo de estação de tratamento de esgoto proveniente de uma indústria alimentícia (1,3 Kg) e poda de jardim (8,5 Kg) (ZITTEL et al., 2018b)

Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

A determinação da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) foi fundamentada pela normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (Brasil, 2014), em que há ocupação dos sítios de troca do material com íons hidrogênio, provenientes de uma solução diluída de ácido clorídrico, eliminação do excesso de ácido, deslocamento dos íons hidrogênio adsorvidos com solução de acetato de cálcio e titulação do ácido acético formado. O cálculo da CTC foi expresso de acordo com a Equação 1:

$$CTC_{(mmol\ kg^{-1})} = \frac{1000 * M * (V_a - V_b)}{G} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

V_a = volume da solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ gasto na titulação da amostra, em mL;

V_b = volume médio da solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ gasto na titulação das provas em mL;

G = massa da amostra, em gramas;

M = concentração da solução de NaOH padronizada, em mol L⁻¹.

Espectroscopia Vibracional na região do Infravermelho (FTIR)

As análises de FTIR das substâncias húmicas e frações foram realizadas em um espectrofotômetro da marca Shimadzu, modelo IR PRESTIGE 21, pertencente ao Complexo de Laboratórios Multiusuários (C-LABMu) da Universidade Estadual de Ponta Grossa. As pastilhas foram preparadas pesando-se 1,0 mg de amostra, com 100,0 mg de KBr (Brometo de potássio). Os espectros foram obtidos no modo transmitância na faixa de 400 cm⁻¹ a 4000 cm⁻¹, com 64 varreduras e resolução espectral de 4 cm⁻¹ (Fialho et al, 2010).

Microscopia Eletrônica de Varredura por emissão de campo (FEG) acoplada a micro análise EDX (Raio X por Energia Dispersiva)

As análises de FEG-EDX do material antes e após adsorção foram realizadas em um microscópio da marca Microscope Tescan, modelo Mira 3, pertencente ao Complexo de Laboratórios Multiusuários (C-LABMu) da Universidade Estadual de Ponta Grossa. As amostras na forma de pó foram depositadas sobre uma fita de carbono colada ao Stub. Realizou-se um recobrimento metálico com ouro, para tornar a amostra eletricamente condutora e permitir a obtenção de imagens. Em seguida o Stub com a amostra recoberta foi colocado ao porta-amostra para coleta das imagens e composição (LIU, et al., 2018).

Análise elementar para determinação da razão C/N

A análise química elementar de Carbono (C) e nitrogênio (N) foi realizada utilizando-se Analisador Elementar TruSpec CN LECO® 2006, St. Joseph, EUA, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa. 100 mg de amostra foram pesadas e colocadas em cápsulas de estanho (com ausência de carbono), sendo posteriormente submetidas a combustão seca em alta temperatura

Estudo de adsorção de Cromo (Cr) utilizando o composto

Para estudos de adsorção foi utilizada uma concentração 20 mg/L de Cr a um pH igual 3 com 24 h de tempo de contato e variando-se a concentração do CH 1,0 e 10,0 g/L. O composto húmico e 15 ml de solução de Cr foram misturados em tubos de ensaio de polietileno de 50 ml e agitados a uma velocidade de 180 rpm usando uma mesa de agitação (Cientec®) à temperatura ambiente (23 ± 1°C). Uma solução estoque foi preparada usando solução padrão de cada metal na concentração de 1000 mg/L. Os experimentos foram realizados em batelada (CHEN; DOU; XU, 2017). A quantidade de metal na solução antes e após a adsorção foi analisada por um espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS) (Varian modelo AA 240FS) com sistema automático de

introdução de amostra e lâmpada de cátodo oco para o Cr em $\lambda = 357,9 \text{ nm}$ com atomização causada pela mistura da chama de ar-acetileno.

A eficiência de remoção de cada metal foi calculada a partir da equação 2 abaixo:

$$\% \text{ remoção} = \frac{C_o - C_e}{C_o} * 100 \quad \text{Equação 2}$$

A capacidade de adsorção de metal foi calculada a partir da equação 3 de balanço de massa:

$$q_e = \frac{C_o - C_e}{m} V \quad \text{Equação 3}$$

onde q_e ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) é a capacidade de adsorção no equilíbrio; C_o e C_e ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) são as concentrações iniciais e de equilíbrio do metal em solução; V (L) é o volume da solução aquosa contendo o metal e m (g) é massa do adsorvente. Os experimentos foram realizados em triplicata e os valores médios foram considerados.

Teste de lixiviação

A lixiviação permite a determinação e avaliação da estabilidade química dos resíduos quando em contato com soluções aquosas, permitindo verificar o grau de imobilização dos contaminantes. Este ensaio foi conduzido segunda norma NBR 10005:2004 com algumas adaptações (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). Após otimizar as melhores condições de adsorção para o metal Cr, realizou-se um experimento em sextuplicata na condição estabelecida, para posteriormente proceder com o teste de lixiviação. Após procedimento de adsorção, separou-se o adsorvente da solução e secou-se em estufa. Pesou-se aproximadamente 0,5 g do adsorvente seco e adicionou-se 10 mL de água do tipo Mili-Q. O sistema contendo o adsorvente e a água foi mantido sob agitação por 24 horas à temperatura ambiente. Após este período, filtrou-se a amostra. O filtrado obtido é denominado extrato lixiviado e foi analisado em FAAS para determinação da taxa de lixiviação para o Cr. A NBR 10004:2004 estabelece o limite máximo de concentração dos metais no extrato obtido no ensaio de lixiviação de 5,0 mg/L.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

A capacidade de troca catiônica é uma condição em que o composto orgânico, devido à presença de hidrogênios dissociáveis, libera cargas negativas, sendo capaz de adsorver outros cátions (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} , H^+ + Al^{+3} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} , Cu^{+2}). Essa característica tem como finalidades, a liberação gradativa desses minerais quando aplicados no solo e adsorção de contaminantes pelo mecanismo de troca iônica. Vale ressaltar que o grau de dissociação é dependente do pH do meio. Quanto maior o pH, maior o valor da CTC, isso ocorre devido à facilidade de desprotonação de grupamentos carboxílicos e fenólicos (Senesi et al., 2007). A análise de CTC obtida para o composto húmico (CH) foi de 656,89 ($\pm 27,17$) mmol/kg. Esse valor está acima dos encontrados na literatura em processos similares. Dores-Silva et al. (2013), compararam os processos de compostagem e vermicompostagem, utilizando vários sistemas: palha de arroz + esterco bovino; bagaço de cana de açúcar + esterco bovino (em leiras) e resíduo vegetal + esterco bovino em (em reator) por um período de 90 dias. Os valores de CTC variaram de 279,9 a 344,8 mmolc kg^{-1} para compostos e 297,6 a 356,6 mmolc kg^{-1} para vermicompostos. Tal resultado aponta a possibilidade do CH apresentar maior possibilidade de interagir com cátions e assim poder ser utilizado como adsorvente de metais pesados (Dores-Silva et al, 2013).

Determinação da razão C/N

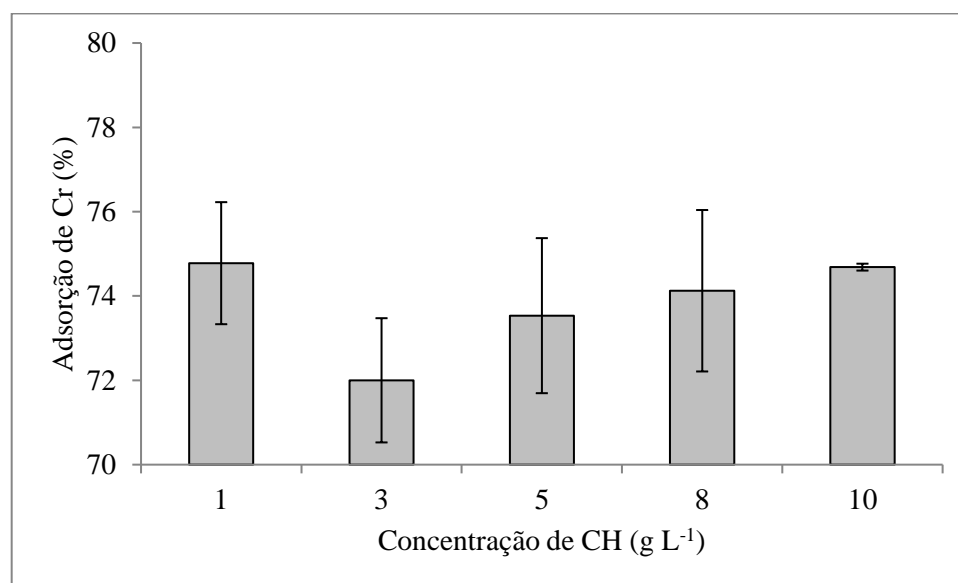
www.firs.institutoventuri.org.br

A análise elementar observada é aplicada para obtenção de dados quantitativos relacionados a presença dos elementos: carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), oxigênio (O) e enxofre (S), os quais correspondem a 100% da composição da matéria orgânica (MO) livres de cinzas. A razão C/N é um dos parâmetros mais empregados para avaliar o processo de degradação da matéria orgânica, sendo utilizada como um indicador do grau de estabilização e da capacidade de degradação dos resíduos pelos microrganismos (Kiehl, 1985). A instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 do MAPA que aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura estabelece que o composto deve apresentar razão C/N menor que 20. Após a análise realizada verificou-se que a razão C/N alcançada para o CH foi igual a 11, indicando maturidade adequada e baixa atividade microbiana.

Estudo de adsorção de Cr utilizando o CH

Um fator que interfere no processo de sorção dos íons metálicos é a quantidade de adsorvente utilizada, pois influencia na quantidade de sítios ativos presentes e proporciona fenômenos como associação entre as partículas de adsorvente, reduzindo o número de pontos de adsorção. Os resultados para adsorção de Cr total em função da variação da concentração do adsorvente CH são apresentados na Figura 1.

Figura 1-Efeito da concentração de adsorvente CH na eficiência de adsorção de Cr total. Condições: pH=3,0; Cr=20,0 mg L⁻¹; t= 24h; Concentração de CH entre 1,0 e 10,0 g L⁻¹(Media ±SD, n=3)



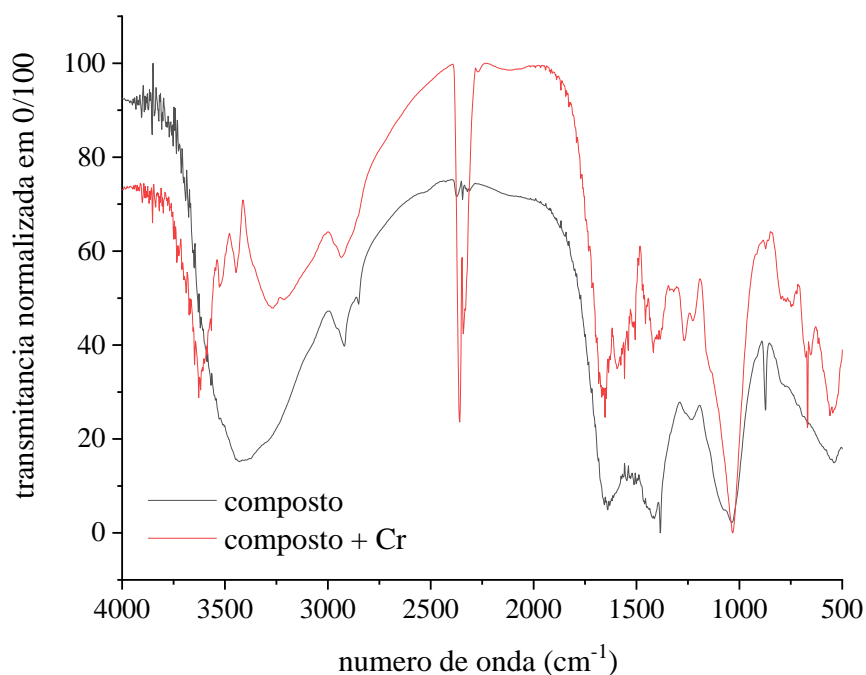
É possível verificar que a porcentagem de adsorção de Cr total não mostrou mudança significativa com um aumento na concentração de adsorvente CH (~75%). Realizando uma análise de variância (ANOVA) dos dados de adsorção de Cr e avaliando as cinco concentrações de composto utilizadas, observou-se que não há diferença significativa nos valores obtidos ((F calculado = 3,04 < F crítico = 5,19 e p calculado= 0,127 > p crítico = 0,05) no nível de confiança de 95%). Ou seja, uma concentração de 1,0 g L⁻¹ de CH já é suficiente para que ocorra um comportamento quantitativo na remoção de Cr total e sature os sítios possíveis de interação. CHEN; DOU; XU (2017) encontraram resultados semelhantes aplicando as mesmas concentrações (1 a 10 g L⁻¹) de composto no estudo da adsorção de Cr com biomassa de lodo de esgoto, onde relatam que a capacidade de adsorção

não melhora com o aumento da dosagem de biomassa, sendo assim, a concentração de 5 g/L foi otimizada e selecionada para os outros experimentos.

Caracterização do material antes e após adsorção por FTIR

No espectro de FTIR são observados diversos picos com a presença de diferentes grupos funcionais no CH, tais como hidroxila em 3420 cm^{-1} , estiramento C = O de COOH e carboxila em 1720 cm^{-1} , estiramento C – H em 1400 cm^{-1} e um pico em 1050 cm^{-1} que pode ser atribuídos à deformação de OH, ou ao estiramento de polissacarídeos. A Figura 2 mostra o resultado de FTIR antes e após adsorção de Cr total.

Figura 2. Espectro FTIR normalizado para o CH obtido de TCC e LEI. Em preto está represento o espectro do composto sem adsorção e em vermelho o espectro do composto com adsorção de Cr total.



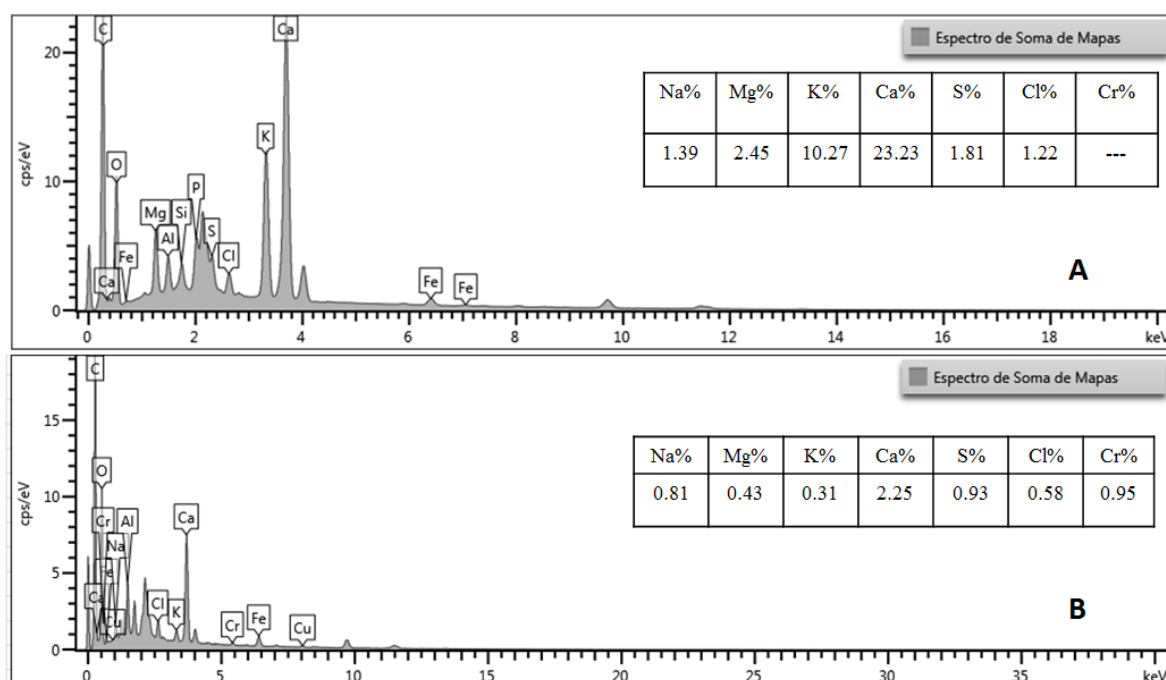
Após o processo de adsorção de Cr total algumas alterações no espectro de FTIR foram perceptíveis. A banda entre 3200 e 3600 cm^{-1} foi deslocada para 3700 cm^{-1} , o que significa uma possível interação do grupo hidroxila na ligação do Cr. Uma redução nos picos entre 1380 - 1600 cm^{-1} sugerem a participação do grupo carboxila (em menores proporções) no processo de ligações coordenadas com o metal. Em estudo utilizando composto de TCC e LEI na adsorção de Pb^{+2} (SEREMETA et al., 2019) verificou-se que os grupamentos carboxílicos e carbonílicos são os principais grupos responsáveis pela ligação coordenada do metal ao adsorvente. E para o Cr total sugere-se também que o grupo hidroxila seja o mais favorável para adsorção. Isso pode ser explicado porque o Pb^{+2} apresenta 132 pm de raio iônico, e tende a se complexar com grupamentos mais volumosos como COO^- e C=O . Já o Cr possui raios iônicos menores ($\text{Cr}^{+3}=61,5\text{ pm}$ e $\text{Cr}^{+6}=44\text{ pm}$) e a formação de ligações coordenadas com grupamentos menos volumosos e com menor impedimento estérico como a OH^- é favorecida. CHEN; DOU; XU, (2017) de maneira similar sugeriram que os grupos hidroxila, carbonila e metoxi da biomassa de composto de lodo de esgoto podem estar envolvidos na reação de adsorção e redução de Cr(VI), tal conformidade pode ser devido à presença do lodo de esgoto utilizado como material orgânico a ser decomposto e pela

formação de grupamentos químicos semelhantes. LABIED et al., (2018) relataram que os grupos aromáticos da análise por infravermelho por transformada de Fourier do adsorvente demonstrou a presença de grupos funcionais hidroxila e aromático presentes no material lignocelulósico e podem estar associados à adsorção de Cr. Diante dos resultados obtidos experimentalmente e comparando com a literatura, pode-se atestar que grupos carbonila, carboxila, hidroxila, fenóis presentes na estrutura do composto podem estar envolvidos na adsorção de Cr.

Caracterização do material antes e após adsorção por FEG- EDX

Os elementos presentes no CH em estudo foram investigados por análise de FEG- EDX (ASUQUO et al., 2017), como mostra a Figura 3.

Figura 1 - Espectro FEG-EDX do CH: A: composto antes da adsorção, B composto após adsorção.



Os resultados do FEG-EDX mostraram que inicialmente não foi verificada a presença de Cr no CH, figura 3 A. Entretanto, após realizar o processo de adsorção, sinais evidentes no espectro (Figura 3 B) confirmaram a presença e adsorção de Cr. Além das ligações coordenadas de Cr em grupamentos hidroxila, carbonila e carboxila, é possível propor um mecanismo de troca catiônica entre o Cr e os cátions Na^+ , Mg^{2+} , K^+ e Ca^{2+} que tiveram uma redução em seus percentuais de 1,30 para 0,81%, 2,45 para 0,43%, 10,27 para 0,31% e 23,23 para 2,25%, respectivamente. Todos os resultados demonstraram que o composto produzido a partir do tratamento de LEI e TCC foi eficiente em adsorver Cr.

Teste de lixiviação

A concentração de Cr obtido no ensaio de lixiviação foi 0,332 mg/L, estando de acordo com a NBR 10004:2004 que estabelece como limite máximo a concentração de 5,0 mg/L de Cr no extrato lixiviado. Assim, essa taxa de lixiviação mostra que o Cr está fortemente adsorvido ao composto húmico, provavelmente, por meio de um mecanismo de quimiosorção com ligações fortes como as de hidrogênio. A aplicabilidade do composto húmico como adsorvente de Cr não ocasiona preocupação quanto à lixiviação que acarretaria contaminação de sistemas reais.

5. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados encontrados conclui-se que:

- O composto húmico (CH) obtido por meio da compostagem em reator de tabaco de cigarro contrabandeado misturado (TCC) a lodo de estação de tratamento de esgoto de indústria (LEI) e poda de jardim (PJ) apresentou maturidade com um valor de 11 na razão C/N e, o alto valor da capacidade de troca catiônica (acima de 600), faz com que o CH seja um ótimo material para adsorção de metais pesados;
 - Foi possível constatar que com uma solução de 1g L^{-1} do CH houve uma remoção de 75% de Cr e que uma maior concentração do composto não representou uma maior remoção do cromo;
 - Os resultados de FTIR e FEG-EDX comprovaram a eficiência de adsorção do cromo no CH e os resultados de lixiviação sugerem que essa adsorção ocorre por meio de ligações fortes.
- Assim, conclui-se que o CH pode ser um ótimo adsorvente na remoção de Cr em recursos hídricos contaminados por esse metal.

6. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos ABNT NBR 10005:2004, 2004.

ASUQUO, E. et al. Adsorption of Cd (II) and Pb (II) ions from aqueous solutions using mesoporous activated carbon adsorbent: Equilibrium, kinetics and characterisation studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 5, p. 679–698, 2017.

BURAKOV, A. E. et al. Adsorption of heavy metals on conventional and nanostructured materials for wastewater treatment purposes: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 148, p. 702–712, 2018.

CAMPOS, S.X.; ZITTEL, R.; CUNHA, K.M.; COLARES, L.G.T. Home Composting Using Facultative Reactor, chapter 6. In: MIHAI, F.C.; *Solid Waste Management in Rural Areas*, ISBN: 978-953-51-3486-2, INTECH, 2017.

CAROLIN, C. F. et al. Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 5, p. 2782–2799, 2017.

CHEN, H.; DOU, J.; XU, H. Removal of Cr (VI) ions by sewage sludge compost biomass from aqueous solutions: Reduction to Cr (III) and biosorption. *Applied Surface Science*, v. 425, p. 728–735, 2017.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. DE O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. *Química Nova*, v. 36, n. 5, p. 640–645, 2013.

FIALHO, L. L.; SILVA, W. T. L. da; MILORI, D. M. P. B.; SIMÕES, M. L.; MARTÍN- NETO, L. Characterization of organic matter from composting of different residues by physicochemical and spectroscopic methods. *Bioresource Technology*, v. 101, p. 1927-1934, 2010.

LABIED, R. et al. Adsorption of hexavalent chromium by activated carbon obtained from a waste lignocellulosic material (*Ziziphus jujuba* cores): Kinetic, equilibrium, and thermodynamic study. *Adsorption Science and Technology*, v. 36, n. 3–4, p. 1066–1099, 2018.

LI, Z. et al. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. *Chemosphere*, v. 93, p. 1247–1257, 2013.

LIU, X. et al. Composting enhances the removal of lead ions in aqueous solution by spent mushroom substrate : Biosorption and precipitation. *Journal of Cleaner Production*, v. 200, p. 1–11, 2018.

MAPA, 2014. Maximum contaminant limits allowed for organic compounds. <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-17-de-18-de-junho-de-2014.pdf/view>> (Acesso em 14/05/19).

PROVENZANO, M. R. et al. Assessment of maturity degree of composts from domestic solid wastes by fluorescence and fourier transform infrared spectroscopies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, p. 5874-5879, 2001.

SCANCAR, J.; MILACIC, R. A critical overview of Cr speciation analysis based on high performance liquid chromatography and spectrometric techniques. *J. Anal. At. Spectrom.*, 29, 427–443, 2014.

SENESI, N. et al. A comparative survey of recent results on humic-like fractions in organic amendments and effects on native soil humic substances. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 39, p. 1244-1262, 2007.

SEREMETA, D. C. H. et al. Pb²⁺ adsorption by a compost obtained from the treatment of tobacco from smuggled cigarettes and industrial sewage sludge. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, p. 797–805, jan. 2019.

SILVA, C. . et al. Determination of Smuggled Cigarette Characteristics in Brazil and Their Potential Risk to the Human Health. *Orbital - The Electronic Journal of Chemistry*, v. 8, n. 3, p. 127–137, 2016a.

SILVA, C. P. DA et al. Determinação de metais, umidade, cinzas e pH do tabaco de cigarros consumidos no Brasil. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 37, n. 2, p. 23, 2016b.

VAGHETTI, J. C. P. Utilização de Biossorbentes para Remediação de Efluentes Aquosos Contaminados com Íons Metálicos. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 99 pgs, 2009.

ZITTEL, R. et al. Treatment of smuggled cigarette tobacco by composting process in facultative reactors. *Waste Management*, v. 71, p. 115–121, 2018a.

ZITTEL, R. et al. Composting of smuggled cigarettes tobacco and industrial sewage sludge in reactors : Physicochemical , phytotoxic and spectroscopic study. *Waste Management*, v. 79, p. 537–544, 2018b. AROLIN, C. F. et al. Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 5, p. 2782–2799, 2017.