



PRECIPITAÇÃO DO CÁDMIO APÓS TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DE EFLUENTE SINTÉTICO/ TRATAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE EFLUENTES SINTÉTICOS CONTENDO CHUMBO e CÁDMIO

Emerson Alberto de Souza Medeiros¹, André Luiz Fiquene de Brito²

RESUMO

O cádmio é um subproduto da mineração do zinco, é um metal raro que é mais facilmente encontrado em ambientes aquáticos (águas de superfícies subterrâneas), e possui a propriedade de ser insolúvel, por isso se acumula nas gramíneas, em aves, gado, cavalos e na vidas elvagem. Mesmo que seja um elemento com várias aplicações, o cádmio também oferece vários riscos à saúde humana e ambiental, já que é um metal considerado carcinogênico e pesado, e, em razão disso requer uma atenção especial no seu uso e descarte para evitar contaminação de efluentes. Já o chumbo é um elemento químico da classe dos metais pesados, reconhecido como uma das maiores ameaças à saúde humana, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). Apesar de possuir diversas aplicações, a utilização desse metal foi reduzida ao longo dos anos, devido à sua elevada toxicidade. A contaminação do meio ambiente por chumbo pode ocorrer de diversas maneiras, por exemplo, com o descarte inadequado de resíduos, fazendo com que essa substância se instale no solo e em efluentes, provocando danos significativos à toda atividade biológica. O presente trabalho tem como objetivo realizar tanto o tratamento físico químico de um efluente sintético contendo cádmio quanto do efluente contendo chumbo, e analisar a precipitação dos elementos, do processo de coagulação, utilizando o sulfato de alumínio como coagulante.

Palavras-chave: Cádmio, chumbo, tratamento de efluente, coagulação, sulfato de alumínio.

¹Estudante do curso de graduação de Engenharia Química, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, e-mail: emerson.medeiros@eq.ufcg.edu.br

²Doutor, Professor, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, e-mail: andre.luiz@professor.ufcg.edu.br

PRECIPITATION OF CADMIUM AFTER PHYSICAL-CHEMICAL TREATMENT OF SYNTHETIC EFFLUENT

ABSTRACT

Cadmium is a byproduct of zinc mining, is a rare metal that is most easily found in aquatic environments (groundwater), and has the property of being insoluble, so it accumulates in grass, birds, cattle, horses, and wildlife. Even though it is an element with several applications, cadmium also poses several risks to human and environmental health, since it is a metal considered to be carcinogenic and heavy, and, because of this, requires special attention in its use and disposal to avoid contamination of effluents. Lead is a chemical element of the heavy metal class, recognized as one of the greatest threats to human health, according to the World Health Organization (WHO). Despite having several applications, the use of this metal has been reduced over the years due to its high toxicity. The contamination of the environment by lead can occur in several ways, for example, with the improper disposal of waste, causing this substance to settle in the soil and in effluents, causing significant damage to all biological activity. The present work aims to perform both the physical-chemical treatment of a synthetic effluent containing cadmium and of the effluent containing lead, and to analyze the precipitation of the elements, from the coagulation process, using aluminum sulfate as coagulant.

Keywords: Cadmium, lead, effluent treatment, coagulation, aluminum sulfate.

1 INTRODUÇÃO

A intensa industrialização no Brasil e no mundo ao longo dos últimos anos em paralelo com as mudanças nos hábitos da população, acarretam na degradação e precarização do meio ambiente. Quando o assunto são metais pesados, as consequências são ainda maiores pois são substâncias tóxicas não só para o meio ambiente, mas também para os seres humanos quando se tem contato com o organismo.

Cádmio e Efluentes

Em 1817, o cádmio foi descoberto por F. Strohmeyer, um professor de metalúrgica em Goettingen, na Alemanha. É um elemento relativamente atípico pois é encontrado em traços (2 a 3 partes por mil) na maioria dos minérios de zinco. O cádmio é extraído na forma de sulfato de cádmio, contido como impureza no sulfato de zinco. É adicionado zinco em pó à solução que contém $ZnSO_4/CdSO_4$, fazendo o equilíbrio deslocar-se e precipitando o cádmio, que é dissolvido em H_2SO_4 e purificado por eletrólise (LEE, 1997).

Na pesquisa realizada sobre Remoção do cádmio de efluentes sintéticos pela argila bentonita, Silva (2005), concluiu-se que cádmio é um elemento tóxico mesmo que em concentrações menores. Quando é ingerido, o mesmo é levado para todas as partes do corpo para corrente sanguínea e acumulado principalmente no fígado e nos rins. E, depois de um longo período de exposição a baixas quantidades, a maior parte deste metal é encontrada nos músculos.

A falta de ferro e cálcio pode aumentar o percentual de absorção do cádmio pelo intestino para 10% a 20%, que normalmente é de cerca de 5%. Para o pulmão, esse valor pode mudar de 10% a 60% e ao usar cigarros, absorve-se cerca de 0,1 a 0,2 μg de Cádmio, Silva (2005). Apesar dos níveis de absorção pelo corpo humano, um dos maiores fatores de envenenamento por cádmio ingerido é relacionado com o seu período de meia-vida no corpo humano, que é de 16 a 33 anos. E, é por esse motivo que ele se torna perigoso, pois a longo prazo depois de ingerido em pequenas quantidades pode haver o acúmulo de metais em níveis tóxicos (LAWS, 1993).

Chumbo e Efluentes

O chumbo é um metal pesado conhecido por suas atribuições em diversos seguimentos da indústria, como no revestimento de cabos, fabricação de tintas, esmaltes e maquiagem. Com o passar dos anos, seu uso em escala industrial diminuiu consideravelmente, no entanto, sua utilização não foi abolida por completo. Dessa forma, inúmeras são as fontes potenciais de exposição humana ao chumbo, variando de fontes industriais reconhecidas, até exposições inadvertidas, por meio do consumo alimentar e de bebidas alcoólicas (CAPITANI, 2009).

Sendo assim, ao fazer uso de metais pesados, como o chumbo, em qualquer etapa de produção, é preciso certificar-se de que os efluentes gerados serão despejados nos corpos hídricos adequadamente. Para isso, tem-se a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de número 430, de 13 de março de 2011. Nesta resolução, estão expostas as condições e padrões para lançamento de efluentes, onde o valor máximo de chumbo presente deve ser 0,5 mg/L.

Tratamento físico-químico de efluentes

De acordo com a pesquisa realizada sobre a Aplicação de sulfato de alumínio e taninos vegetais na coagulação-floculação de efluentes de curtiúme, Anjos (2016), no tratamento físico-químico de efluentes, a separação de partículas suspensas da fase líquida é frequentemente executada através da coagulação, floculação e sedimentação. O coagulante considerado ótimo ou uma mistura de coagulantes, é indispensável para o sucesso do processo. A coagulação e a floculação promovem o aumento da remoção de sólidos suspensos e particulados orgânicos para a sedimentação na terceira etapa. O que irá definir como o processo físico-químico será realizado, do mesmo modo como os dosagens e tipos de produtos aplicados, vão ser a tecnologia usada e os processos efetuados.

A coagulação é um dos processos fundamentais do tratamento físico-químico, no qual é inserido um reagente químico que pode ser um sal de alumínio ou de ferro, tendo como propósito desestabilizar as partículas coloidais e/ ou suspensas formando partículas maiores mediante da floculação (RIBEIRO, 2018).

Por outro lado, a floculação é um processo que ocorre pela colisão de partículas que resulta o aumento do tamanho das mesmas, e também pode ser classificado em microfloculação, que ocorre quando a agregação das partículas é realizada através de um movimento

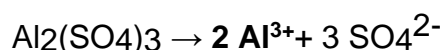
nto

Browniano e macrofloculação que ocorre quando essa agregação das partículas que é dada pela indução do gradiente de velocidade e pela agitação do fluido no qual está contido as partículas a serem floculadas (ANJOS, 2016).

O sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ é um dos coagulantes mais utilizados para remoção de partículas e substâncias dissolvidas, através do arraste e precipitação do que está em suspensão e eficiência na etapa de coagulação (CORAL et al, 2009).

Para controlar o pH na coagulação e floculação deve se monitorar o pH. O Potencial hidrogênico iônico é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma amostra. De acordo com a pesquisa realizada sobre a Aplicação de sulfato de alumínio e taninos vegetais na coagulação-floculação de efluentes de curtume, Anjos (2016), em razão a concentração das espécies da maioria dos componentes químicos e da sua dependência da concentração do pH, em solução, a concentração do íon hidrogênio é um considerável indicador de qualidade de efluentes.

Este indicador aponta influência na eficácia dos processos de coagulação/floculação quando existe a aplicação de certas espécies de coagulante como o sulfato de alumínio, o qual deve adequar-se a determinada faixa está definida pelas características do efluente a ser tratado.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Realizar o tratamento físico químico de efluentes de contendo cádmio e de efluentes contendo chumbo.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar o pH, condutividade e o teor de sólidos totais de efluentes contendo cádmio e efluentes contendo chumbo.

- Caracterizar o efluente após o tratamento físico-químico e avaliar a concentração

do Cádmió e do chumbo e da Demanda Química de Oxigênio.

3. METODOLOGIA

A pesquisa está sendo desenvolvida no Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos (LABGER), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), localizado no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Campus I da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), situada na cidade de Campina Grande – PB. O Quadro 1 mostra os materiais usados.

MATERIAIS UTILIZADOS	
<ul style="list-style-type: none">• Óxido de Cádmió;• Chumbo• Água destilada;• Sulfato de Alumínio;• 03 becker de 100ml;• 03 erlenmeyers de 250ml;• 01 funil;• Bastão de vidro;	<ul style="list-style-type: none">• Pisseta;• Dessecador;• 01 becker de 250ml• Balança analítica• Proveta;• Balão volumétrico de 1 L;• pH metro com sensibilidade de 0,01;

3.1. Preparação da solução sintética

Os efluentes foram obtidos em laboratório de forma sintética com a formação de duas soluções de água destilada e óxido de cádmio e a outra com o chumbo. Ambas com proporções de 10g/L. Após a solução ter sido preparada, deu-se início ao processo de caracterização do efluente, que será feito de formas diferentes para cada espécie mas se baseará em caracterizar quanto a condutividade, pH, sólidos totais e demanda química de oxigênio (DQO) no geral.

3.2. Proposta de Tratamento

Na etapa experimental, os efluentes sintéticos que estavam armazenado em galões com capacidade de 1 litro, foram dispostos em quantidades de 100 ml em 3 béqueres diferentes, a fim de iniciar os ensaios de coagulação/floculação/sedimentação no laboratório da Universidade.

3.2.1 Adoção de coagulante

O coagulante utilizado para o tratamento dos dois efluentes, tanto para o com cádmio e o que continha chumbo, foi o sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$, em função de sua ampla utilização combinada com sua eficácia. Nesta pesquisa, cada um dos béqueres foi etiquetado e recebeu uma quantidade diferente de sulfato de alumínio, sendo 1%, 2% e 3% de coagulante, respectivamente. Após a adição, as amostras foram levadas para o agitador magnético em intensidade baixa, por cerca de 5 minutos e, em seguida, permaneceram em repouso por 48hs.



3.2.2 Filtração

Logo após a adição do coagulante sulfato de alumínio, as amostras passaram pelo processo de filtração, a fim de avaliar a eficiência do tratamento. Para isso, foi feita a pesagem do papel de filtro, a fim de conferir maior precisão nos resultados posteriores.

3.2.3 Estufa

Em seguida, os três papéis de filtro passaram pelo processo de secagem na estufa. O equipamento foi configurado em, aproximadamente, 70°C, e a secagem durou em média 60 minutos.



3.2.4 Pesagem

Para determinar a quantidade de resíduo filtrado nas amostras, foi realizada a pesagem das mesmas através da utilização de balança digital. Lembrando que, em cada uma das amostras, o papel de filtro também foi pesado, no intuito de precisar os resultados.

3.3. Análises Físico e Químicas

Potencial hidrogenico iônico – pH

O procedimento é semelhante ao da condutividade. Porém, com a amostra já

homogeneizada mergulha-se o eletrodo do pHmetro para determinação do pH. É usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade da amostra. A determinação do pH (potencial hidrogeniônico) da amostra se faz, preferivelmente, a partir de material recentemente colhido e com sua umidade natural. O pH das amostras foi determinado com potenciômetro em suspensão aquosa de acordo com as recomendações propostas pelo *Standard Methods for the Examination Of Water And Wastewater* (1992).

Procedimentos Analíticos

- 1- Ferveu-se cada uma das 3 amostras com dosagens diferentes de coagulante e deixou-se esfriar até temperatura ambiente (isenta de CO₂);
- 2- Calibrou-se o pHmetro com as soluções tampões 7,0 e 4,86;
- 3- Realizou-se a leitura do pH.

Os resultados serão obtidos em duplicata.



Condutividade

Os testes de condutividade serão feitos apenas para o efluente contendo cádmio. O ensaio será realizado colocando-se uma quantidade, suficiente para cobrir a célula de condutividade do condutímetro, de cada uma das três amostras a serem analisadas em um béquer, posteriormente agita-se até completa homogeneização com o auxílio de um bastão de vidro. Em seguida, mergulha-se a célula do condutímetro na amostra para realização da leitura da condutividade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a preparação, separação e os ensaios feitos no experimento, foram obtidos dados que apontam o melhor tratamento de acordo com parâmetros como cor e aparência, condutividade e a massa de cádmio e de chumbo resultantes da filtração dos efluentes após tratamento.

A tabela 1 mostra os resultados da medição de PH para o tratamento das três amostras (1%, 2% e 3%) de cádmio. O valor do PH na amostra mãe de óxido de cádmio foi 9,83.

Tabela 1 – Valores obtidos do pH de cada amostra (Cádmio)

MEDIÇÃO DO PH			
Amostras	Ensaio I	Ensaio II	Média
1%	4,23	4,23	4,23
2%	4,01	3,97	3,99
3%	3,98	4,00	3,99

Fonte: Próprio Autor (2022)

O PH se caracteriza como um indicador da eficácia de processos de coagulação/floculação como por exemplo o utilizado no presente experimento com o sulfato de alumínio como coagulante. Os resultados obtidos na tabela acima mostram que a maior média obtida do valor do PH foi para a primeira amostra (1%), já tratamento com 2% e 3% de sulfato de alumínio obtiveram resultados iguais, 3,99. Observa-se que além de o PH da amostra 1 ainda ser básico, ele foi o mais alto obtido e isso mesmo antes da filtração indica a influência da dosagem do coagulante a 1%.

A tabela 2 mostra os resultados da medição de pH para o tratamento das três amostras (1%, 2% e 3%) de CHUMBO. O valor do pH na amostra mãe de óxido de cádmio foi 6,65.

Tabela 2 – Valores obtidos do pH de cada amostra (Chumbo)

MEDIÇÃO DO pH			
Ensaio	Ensaio I	Ensaio II	Média
1%	3,84	3,87	3,855
2%	3,63	3,61	3,620
3%	3,44	3,54	3,490

Fonte: Próprio Autor (2022)

A partir dos resultados obtidos, é notória uma grande diferença entre o pH da solução e das amostras contendo o coagulante sulfato de alumínio. Entre as amostras I, II e III, nota-se que a relação entre o percentual de coagulante e o pH são inversamente proporcionais, por esse motivo o gráfico é representado por uma função decrescente.

Ainda, ao realizar a filtração das amostras, foi possível determinar a quantidade de resíduo resultante deste processo, de modo a verificar qual dos percentuais de

coagulante foi mais adequado. As informações obtidas pelo processo de pesagem foram dispostas na Tabela 3 e 4 abaixo:

A tabela 3 mostra o valor de massa da matéria obtida após a filtração das amostras contendo cádmio para os três percentuais de sulfato de alumínio.

Tabela 3 – Valores da pesagem pré e pós filtração - Cádmio
PESAGEM PRÉ E PÓS FILTRAÇÃO DAS AMOSTRAS E LODO

AMOSTRAS	PAPEL DE FILTRO (g)	PAPEL DE FILTRO COM LODO (g)	LODO RESULTANTE (g)
Amostra 1	1,006	1,413	0,407
Amostra 2	0,963	1,117	0,154
Amostra 3	1,010	1,321	0,311

Fonte: Próprio Autor (2022)

Ainda, foi possível determinar a eficácia do processo de coagulação em percentual, baseado na quantidade de resíduo filtrada em cada amostra para o Cádmio:

- Amostra I (1%):

$$\% = \frac{1,413 - 1,006}{1,006} \times 100 = 40,45\%$$

- Amostra II (2%):

$$\% = \frac{1,117 - 0,963}{0,963} \times 100 = 15,99\%$$

- Amostra III (3%):

$$\% = \frac{1,321 - 1,010}{1,010} \times 100 = 30,79\%$$

Os resultados obtidos na tabela 3 mostram que a maior quantidade de massa retirada de CdO ocorreu no tratamento com 1% de coagulante, (0,407g. Tal resultado prova que o maior índice de eficácia foi obtido quando usado 1 g de sulfato de alumínio na amostra de 100 ml (1g/100ml) ou (1%), que foi de 40,45%. A segunda amostra com quantidade de coagulante também se mostrou eficaz e por último a amostra três.

A Tabela 4 mostra o valor de massa da matéria obtida após a filtração das amostras contendo chumbo para os três percentuais de sulfato de alumínio.

Tabela 4 – Valores da pesagem pré e pós filtração - Chumbo

PESAGEM PRÉ E PÓS FILTRAÇÃO DAS AMOSTRAS E LODO			
AMOSTRAS	PAPEL DE FILTRO (g)	PAPEL DE FILTRO COM LODO (g)	LODO RESULTANTE (g)
Amostra 1	1,416	2,389	0,973
Amostra 2	1,364	2,400	1,036
Amostra 3	1,384	2,476	1,092

Fonte: Próprio Autor (2022)

Ainda, foi possível determinar a eficácia do processo de coagulação em percentual, baseado na quantidade de resíduo filtrada em cada amostra para o **Chumbo**:

- Amostra I (1%):

$$\% = \frac{2,389 - 1,416}{1,416} \times 100 = 68,71\%$$

- Amostra II (2%):

$$\% = \frac{2,400 - 1,364}{1,364} \times 100 = 75,95\%$$

- Amostra III (3%):

$$\% = \frac{2,476 - 1,384}{1,384} \times 100 = 78,90\%$$

Os resultados obtidos na tabela 3 mostram que a quantidade de massa de Pb ocorreu no tratamento com 3% de coagulante, (1,092g). Tal resultado prova que o maior índice de eficácia foi obtido quando usado 3 g de sulfato de alumínio na amostra de 100 ml (1g/100ml) ou (1%), que no caso foi de 78,90%.

A tabela 5 mostra os valores da condutividade para as 3 amostras (apenas de cádmio) depois do processo de coagulação e filtração e a amostra mãe com coagulante a 1%, obtidos em duplicata.

Tabela 5 – Valores de Condutividade de Cádmio

CONDUTIVIDADE		
AMOSTRAS	REPETIÇÕES	CONDUTIVIDADE (mS/cm)
1%	1	3.37
1%	2	3.35
2%	1	5.78
2%	2	5.79
3%	1	6.69
3%	2	6.72
Amostra mãe	1	609.5
Amostra mãe	2	638.6

Fonte: Próprio Autor (2022)

A medição da condutividade é um procedimento muito sensível para a medição de concentrações iônicas, mas deve ser usada com cautela, pois qualquer espécie com carga elétrica presente numa solução, contribuirá para a condutância total. A condutividade indica a capacidade da água ou efluente de transmitir corrente elétrica em função da presença de dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica. Dessa forma, torna-se um importante indicador para ser usado após algum tratamento como o feito no presente experimento. (LACERDA et al, 2015)

No experimento, a condutividade das amostras antes do tratamento e após o tratamento feito com quantidades diferentes de coagulantes nos mostra uma diferença considerável entre os valores e a eficiência do mesmo. Em resumo, observa-se que a mostra com a porcentagem de coagulante de 1% (1g/100ml) obteve melhor resultado na eficiência na redução da condutividade entre as dosagens testadas.

5. CONCLUSÃO

Com base no que foi realizado até o presente momento, pode se concluir que:

1. Tanto o cádmio quanto o chumbo são elementos e subprodutos que quando em contato com a água apresentam as características necessárias para o seu tratamento por E/S pois oferecem sérios riscos para saúde do ambiente e a humana. Sendo possível encontrar alternativas para diminuir os seus impactos no ambiente e na sociedade.
2. O tratamento utilizado na pesquisa é um processo bastante usado para o tratamento de efluentes no Brasil e o coagulante que foi usado, o sulfato de alumínio, é um dos produtos mais utilizados no país para o processo de coagulação.
3. Os resultados do presente experimento mostraram, até o momento que o uso do sulfato de alumínio como coagulante no tratamento para remover o cádmio e o chumbo de efluentes é uma opção que oferece eficácia, tendo em vista os resultados obtidos nos ensaios em laboratório com o efluente sintético.

6. REFERÊNCIAS

- ANJOS, Patrícia Schacker dos. Aplicação de sulfato de alumínio e taninos vegetais na coagulação-floculação de efluentes de curtume. 2016
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de março 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 República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 92.
- CAPITANI, Eduardo M. et. al. Fontes de exposição humana ao chumbo no Brasil. Revista de Medicina Ribeirão Preto. São Paulo. 2009; Vol. 42, nº 03. p. 311-318.
- CORAL, L.; BERGAMASCO, R.; BASSETTI, F. J. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo. 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 9 p. , 2009.
- (LARCEDA et al. A condutividade da água como indicador de eficiência do processo de eletrodialise., 2015. Disponível em <https://www.feevale.br/Comum/midias/cf4b2667-6d56-47f5-a1f0-620884ce2606/Engenharias.pdf>)
- LAWS, E. A., Aquatic Pollution: an introductory text, ed. John Wiley & Sons, Inc., p. 388-389, 1993.
- LEE, J. D., Química inorgânica não tão concisa, tradução da 4ª edição inglesa, ed. Edgar Blucher LTDA, p. 363-370, 1997.
- RIBEIRO, Desyree Batista. Determinação das condições ótimas do processo de coagulação/floculação para tratamento de efluente sintético de curtume. 2018.
- SILVA, Marta Ligia Pereira da. Remoção de cádmio de efluentes sintéticos pela argila bentonita. 2005. 98f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande Paraíba - Brasil, 2005.