

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

ESTUDO DO COMPORTAMENTO POTENCIOMÉTRICO DE SOLUÇÃO CONTENDO Cu(II) E Cr(III) EMPREGANDO NaOH 0,3 MOL L⁻¹ COMO TITULANTE

Cynthia C. Petenon¹, Dr. José Ricardo Turquetti².

1 Graduando em Tecnologia de Processos Químicos, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Capivari, cynthia.petenon@aluno.ifsp.edu.br.

2 Doutorado em química, docente e orientador no IFSP, Campus Capivari, jose.turquetti@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.06.04.00-6 Química Analítica, 1.06.04.03-0 Eletroanalítica.

RESUMO: Resíduos sólidos provenientes da indústria galvanotécnica são uma preocupação ambiental constante devido as suas características por conter alta carga de cátions de metais pesados em sua composição. Algumas tentativas de reaproveitamento e reutilização vem sendo realizadas com este tipo de resíduo como, por exemplo, a sua incorporação em tijolos ou até mesmo como pigmentos em vidrados cerâmicos. A utilização *in natura* deste resíduo encontra limitação do ponto de vista estético visto que, devido à variação da composição química torna-se difícil a repetição da coloração e a obtenção de produtos padronizado, bem como, pode conter substâncias que alterem a resistência química e mecânica do produto. No sentido de uma maior homogeneização do resíduo e/ou de se separar substâncias de interesse, o presente trabalho objetiva o estudo do comportamento potenciométrico de uma solução padrão contendo Cu(II) e Cr(III) na mesma proporção encontrada em resíduo sólido galvanotécnico para a precipitação do Cr(OH)₃ e do Cu(OH)₂ para uma melhor investigação das condições de precipitação e uma possível separação mais seletiva desses dois cátions.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo galvanotécnico; precipitação seletiva; hidróxidos metálicos; metais pesados.

Study of the Potentiometric Behavior of a Solution Containing Cu(II) and Cr(III) Using 0.3 mol L⁻¹ NaOH as Titrant)

ABSTRACT: Solid waste from the electroplating industry is a constant environmental concern due to its characteristics, as it contains a high load of heavy metal cations in its composition. Some attempts at reuse and recycling of this type of waste have been carried out, such as incorporating it into bricks or even using it as pigments in ceramic glazes. The use of this waste in its raw form is limited from an aesthetic point of view, as the variation in chemical composition makes it difficult to achieve consistent coloring and standardized products. Additionally, it may contain substances that alter the chemical and mechanical resistance of the product. To achieve greater homogenization of the waste and/or to separate substances of interest, this study aims to investigate the potentiometric behavior of a standard solution containing Cu(II) and Cr(III) in the same proportions found in electroplating solid

waste. The goal is to precipitate $\text{Cr}(\text{OH})_3$ and $\text{Cu}(\text{OH})_2$ for a better understanding of the precipitation conditions and a potential selective separation of these two cations.

KEYWORDS: Solid waste; selective precipitation; metallic hydroxides; heavy metals.

INTRODUÇÃO

A cidade de Limeira, localizada no interior do estado de São Paulo, é considerada a capital brasileira da joia folheada pelo volume significativo de negócios gerados (LIMEIRA, 2023). Os processos envolvidos na produção de semijoias, joias folheadas e bijuterias são o metalúrgico pela preparação das peças brutas e a indústria química empregando processos de natureza eletroquímica para preparação e acabamento dessas peças brutas tornando-as atraentes ao cliente pela sua beleza estética. Alianças, anéis, pulseiras, brincos, e demais produtos personalizados com diversas características podem ser produzidos. As peças base geralmente são confeccionadas em latão e, posteriormente, sua montagem é feita por trabalhadores responsáveis por conexões via solda ou até mesmo filamentos metálicos até a produção das peças brutas. As peças são submetidas à: 1- limpeza eletroquímica; 2-eletrodeposição de cobre proveniente de solução alcalina; 3- eletrodeposição de cobre proveniente de solução ácida e; 4- eletrodeposição de camada de ouro metálico conforme Milanez (2003). De forma global o processo pode empregar outros, também de natureza eletroquímica, como a aplicação de uma camada de verniz protetiva (DELBIANCO FILHO, 2003). A limpeza das peças é feita entre os processos eletroquímicos evitando-se a contaminação das cubas eletrolíticas. É empregada água corrente para carregar o líquido residual contendo os íons dos metais pesados presentes sobre as peças gerando um efluente líquido. O efluente é tratado pela precipitação simultânea desses metais na forma de seus hidróxidos gerando, então, um resíduo sólido rico em metais pesados que são motivo de preocupação ambiental (VALENZUELA, 2000). O presente trabalho visa o estudo do comportamento potenciométrico de uma mistura preparada em laboratório contendo os cátions predominantes no resíduo sólido galvanotécnico ($\text{Cu}(\text{II})$ e $\text{Cr}(\text{III})$) no intuito de se obter uma separação desses cátions de forma mais seletiva.

MATERIAL E MÉTODOS

A solução contendo $\text{Cu}(\text{II})$ e $\text{Cr}(\text{III})$ (que por diante será indicada como solução padrão mista) foi preparada a partir da dissolução dos seus respectivos sais $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ e $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ em balão volumétrico devidamente avolumados com água destilada. As concentrações destes dois cátions $\text{Cu}(\text{II})$ e $\text{Cr}(\text{III})$ foram de $7,5\text{g L}^{-1}$ e $1,5\text{g L}^{-1}$ respectivamente conforme concentração determinada para o resíduo sólido galvanotécnico (ARAÚJO, 2023). Para obtenção das curvas de titulação potenciométrica foram medidos 25 mL da solução de $\text{Cr}(\text{III})$ $\text{Cu}(\text{II})$ e transferidos para um béquer posicionado sobre um agitador magnético. No interior do béquer foi acrescentado uma barra magnética, posicionado o eletrodo de pH e o sensor de temperatura e adicionado a esta amostra água destilada até que a quantidade suficiente em béquer de 50 ml para cobrir o diafragma do eletrodo de pH. Uma bureta contendo a solução titulante de $\text{NaOH } 0,3\text{ mol L}^{-1}$ fixada acima do béquer em um suporte universal foi utilizada para transferir a solução de NaOH para o béquer de forma que a cada 0,5 mL adicionado e com agitação constante o pH foi registrado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 1a** apresenta o sistema utilizado para obtenção das curvas de titulação potenciométrica esquema descrito e a **Figura 1b** apresenta a condição final da mistura após o fim da titulação.

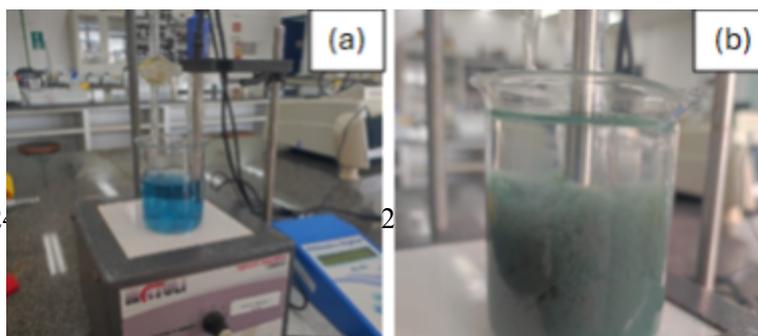
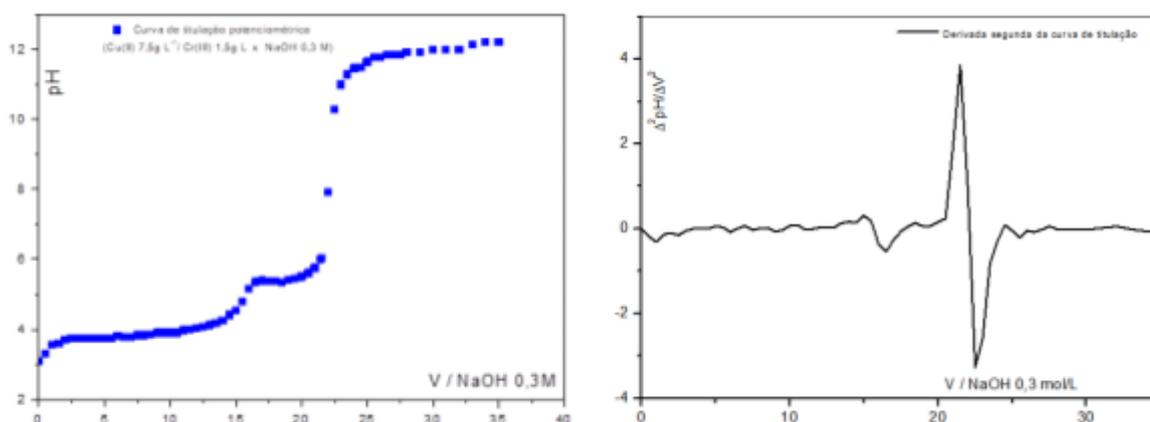


Figura 1. (a) Sistema para titulação potenciométrica convencional; (b) Mistura após final da titulação potenciométrica.

As **Figuras 2 e 3** apresentadas abaixo são a curva de titulação obtida para a solução padrão mista de Cr(III) e Cu(II) pela solução de NaOH $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ e a derivada segunda obtida para a curva de titulação. A associação dos dois resultados permite verificar: 1- um leve salto potenciométrico no intervalo de 0 a 2,5 mL de NaOH adicionado que está, muito possivelmente, associado à neutralização do H^+ livre inicial visto que a solução padrão mista apresentava pH inicial ácido; 2- No intervalo de 2,5 a 15 mL de NaOH ausência de variação significativa de pH sendo que tal fato está associado ao consumo do OH^- adicionado para que as reações com ambos os cátions acontecessem simultaneamente com a formação do $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e $\text{Cr}(\text{OH})_3$ e sua consequente precipitação; 3- Um salto potenciométrico de aproximadamente 1 unidade de pH quando foram adicionados aproximadamente 15 mL de solução de NaOH sendo que este resultado pode estar associado ao fim da precipitação simultânea de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e $\text{Cr}(\text{OH})_3$; 4- Ausência de variação significativa de pH entre os volumes de 16 e 20 mL muito



possivelmente pelo consumo de OH^- adicionado para precipitar apenas um dos dois cátions ($\text{Cu}(\text{OH})_2$); 5- Salto potenciométrico intenso quando o volume de 22 mL de NaOH adicionado é atingido e, então, observa-se a estabilização do pH pela presença de OH^- em excesso a partir de então.

Figura 6. Curva de titulação potenciométrica obtida para a solução padrão mista de Cr(III) e Cu(II) nas concentrações de $1,5 \text{ g L}^{-1}$ e $7,5 \text{ g L}^{-1}$.

Na tentativa de uma melhor elucidação deste sistema, titulações foram realizadas parcialmente até o volume de 17 mL e a mistura, após decantação, foi devidamente filtrada e o precipitado armazenado. O sobrenadante, por outro lado, foi submetido a continuação da titulação até volume de 22 mL e a mistura obtida foi filtrada e o precipitado recolhido em papel de filtro. O precipitado obtido no intervalo de adição de NaOH de 0 a 17 mL apresentou coloração verde pardacenta. Ao comparar-se os valores de $[\text{OH}^-]$ para início de precipitação do $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e de $\text{Cr}(\text{OH})_3$ calculados a partir do Kps de cada um dos precipitados e, também, a partir da concentração inicial de cada cátion é possível sugerir que para o intervalo de 0 a 17 mL de NaOH adicionado há precipitação simultânea de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e de

$\text{Cr}(\text{OH})_3$. No entanto, a quantidade de $\text{Cr}(\text{III})$ em solução é 5x menor que a do $\text{Cu}(\text{II})$ e, muito possivelmente, há precipitação apenas de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ a partir de 17 mL de NaOH adicionado. O precipitado separado para volume de NaOH adicionado superior a 17 mL é de coloração azul e aspecto gelatinoso como esperado para o $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Esse resultado implica em existir, para as concentrações de $\text{Cu}(\text{II})$ e $\text{Cr}(\text{III})$ investigadas, uma condição em que parte do $\text{Cu}(\text{II})$ pode ser separado do $\text{Cr}(\text{III})$ via precipitação com NaOH , ou seja, adição de NaOH até pH de aproximadamente 5 gera a precipitação simultânea, no entanto, se essa mistura é filtrada e o sobrenadante recebe adição de NaOH para valores de pH maior que 5 gera a precipitação do $\text{Cu}(\text{OH})_2$ isolado. Tal estratégia pode ser aplicada aos resíduos de indústria galvanotécnica no sentido de se aumentar a homogeneidade do material obtido e sua aplicação como pigmento em vidros ou cerâmica possa ser mais satisfatória.

CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu verificar a precipitação simultânea de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e $\text{Cr}(\text{OH})_3$ com adição de NaOH $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ até pH 5 e, para valores maiores de pH a precipitação de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ de forma isolada. Essa estratégia pode ser empregada em estudos envolvendo o resíduo sólido de indústria galvanotécnica no sentido de aumentar-se a homogeneidade deste material para ser aplicado como pigmento para vidros e cerâmicas.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

C. C. P e J. R. T. participaram de todas as etapas de elaboração das atividades experimentais, sua execução e elaboração deste texto. Todos os autores aprovaram o texto conforme se encontra para submissão.

AGRADECIMENTOS

A Reluz Galvanica Banhos de Semijoias pela oportunidade que ofereceu aos autores de visitar e conhecer todo o seu processo industrial. Ao IFSP pela cessão da bolsa pelo programa PBIFSP e por ceder toda a estrutura dos laboratórios para a execução experimental.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Camila Lohana; TURQUETTI, José Ricardo; PEREIRA, Angelo Miguel Rodrigues. ESTUDO QUÍMICO DO RESÍDUO SÓLIDO PROVENIENTE DE INDÚSTRIA GALVANOTÉCNICA. In: ANAIS DO 24º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2023, Salvador. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2023. Disponível em: <<https://proceedings.science/cobeq-2023/trabalhos/estudo-quimico-do-residuo-solido-proveniente-de-industria-galvanotecnica?lang=pt-br>>. Acesso em: 04 Set. 2024.

DELBIANCO FILHO, Sérgio. Caracterização de vidros preparados com resíduos de indústria de galvanostegia. 2003. Xv, 76 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

LIMEIRA: Capital Nacional da Joia Folheada. Disponível em: <https://www.capitaldajoia.com/sobre.html> Acesso em: 12/04/2024.

MILANEZ, K. W. Incorporação de resíduo de galvanoplastia na produção de pigmentos inorgânicos. 2003. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

VALENZUELA, J. Tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas. São Paulo: Páginas&Letras, 2000.