

Título da redação: Hidrometalurgia: protegendo a natureza contra os lixos eletrônicos

Desenvolvimento do texto:

Os lixos eletrônicos, também conhecidos como Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos ou e-lixo, são todos os produtos eletrônicos descartados por alguém, podendo ser celulares, computadores, televisões, geladeiras, entre outros. Sempre existiu uma preocupação no descarte inadequado desses lixos (jogando em qualquer local), pois causa grandes impactos no meio ambiente, como a liberação de substâncias prejudiciais ao solo e também por conter metais valiosos, como o ouro por exemplo, que são difíceis de serem encontrados e que podem ser utilizados de maneira sustentável através da reciclagem desses materiais [1].

Os lixos eletrônicos possuem várias substâncias, sendo a maioria tóxicas, como o chumbo, mercúrio, cádmio, arsênico, bário, etc. A contaminação pode ser dar de forma direta, por exemplo, manuseando os lixões ao céu aberto, ou indireta, através do descarte dos resíduos em locais onde possuem uma grande probabilidade de ter contato com solos e até mesmo lençóis freáticos, e acabamos ingerindo água contaminada e tendo doenças, que, na maioria das vezes não se sabe a causa [3].

Segundo a pesquisas realizada pela ONU no The Global E-waste Monitor 2020, foi constatado que a produção de lixo eletrônico mundial é de 53 milhões de toneladas. O Brasil, em 2019, gerou mais 2 milhões de lixos (equivalente a aproximadamente 3,77% da produção mundial) e menos de 3% (60 mil) desses lixos foram reciclados [2].

Para solucionar esses impactos ambientais e também fazer o uso do maior aproveitamento dos metais presente nos eletrônicos, é utilizado um processo químico de reciclagem dos resíduos, o processo de hidrometalurgia. Esse processo consiste, basicamente em dissolver o lixo eletrônico em um ácido, e extrair somente os metais preciosos mais resistentes aos ácidos e permanecem no estado sólido após a dissolução, como mostra na figura 1. Depois esses metais podem passar por processo de purificação e refino. Esse processo é bastante utilizado por ser eficiente, prático não precisar de altos custos e tem uma redução no impacto ambiental (por não gerar gases tóxicos), mas o ouro obtido no final possui uma quantidade muito pequena [4].

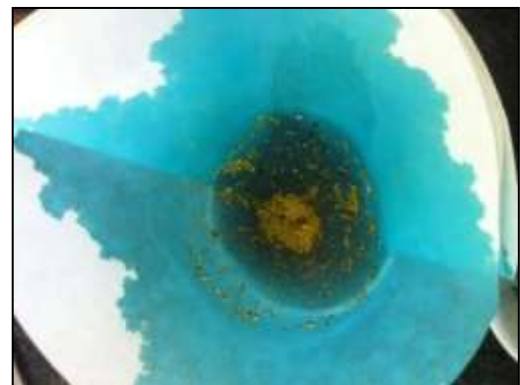


Figura 1 – Extração do material contendo ouro após a dissolução [4]



Figura 2 - Fluxograma simplificada do processo de hidrometalurgia [4]

Esse processo de ataque ácido, é também conhecido como lixiviação, que ocorre a dissolução de metais utilizando agentes lixiviantes (soluções ácidas, alcalinas ou salinas), podendo ser seletiva ou não a solubilização dos metais. Um dos critérios realizados na lixiviação é a avaliação termodinâmica de um metal através do Diagrama de Pourbaix (diagramas E/pH). Esses diagramas são construídos em sistemas de água e metal, nas quais são determinadas as fases solúveis ou não desse metal [5]. A figura 3 identifica as regiões do Diagrama E/pH, em que “M” representar um metal qualquer. A região de corrosão é onde o metal se encontra na sua forma iônica e ocorre as reações de destruição metálica, ou seja, a dissolução através da lixiviação. Já na região de imunidade, o metal está presente em sua forma metálica e é onde as reações são impossíveis, isto é, a corrosão é nula, por exemplo o ouro possui uma região de imunidade muito extensa, por isso que o ouro não é tão fácil de ser dissolvido. Na região de passivação, os metais estão nas suas formas de óxidos ou hidróxidos insolúveis, portanto, essa área não ocorre o processo de lixiviação [5][6].

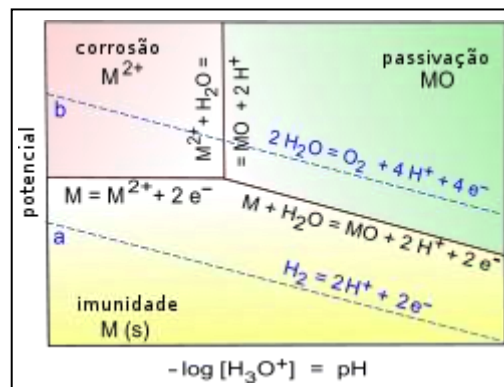


Figura 3 - Comportamento de um metal no Diagrama de Pourbaix [6]

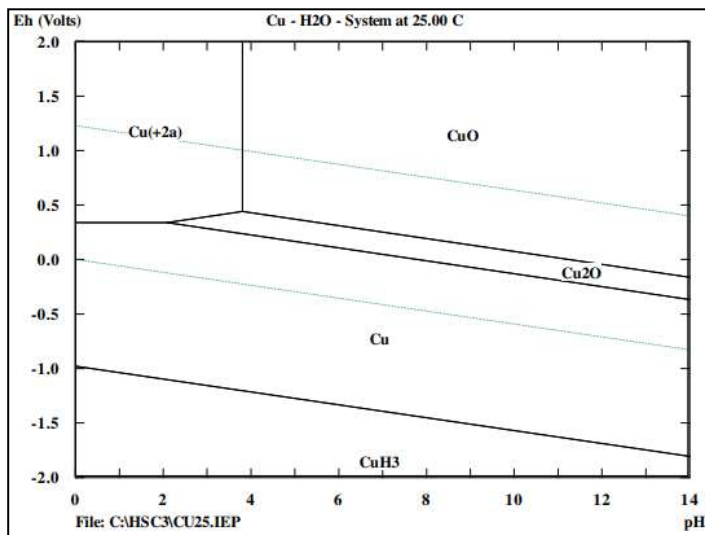


Figura 4 - Diagrama E/pH de cobre a 25°C [5]

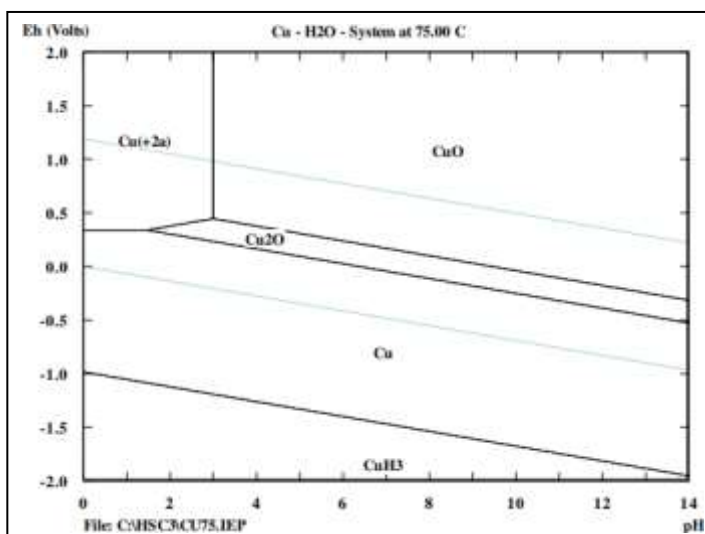


Figura 5 - Diagrama E/pH de cobre a 75°C [5]

Comparando a figura 4 e a figura 5, podemos observar que houve uma redução da região do Cu^{2+} , e conseqüentemente percebe-se que com o aumento da temperatura, o potencial possui mínimas alterações, já em relação ao pH, pode-se analisar que precisaria de um agente lixivante mais ácido para solubilizar o Cu^{2+} , ou seja, a reação de lixiviação teria que ser em um pH menor com a elevação da temperatura [5].

A região de solubilidade varia de metal para metal, o que, com a análise do gráfico, pode facilitar na escolha do pH e do potencial para realizar o processo de lixiviação [5].

Após a lixiviação, existem alguns métodos de purificação para recuperação dos metais. Um deles é o processo de extração por solvente [5].

Em um experimento [7], foi realizada a extração do ouro (em pequena escala) do lixo eletrônico. Para isso, foi utilizado uma placa de HD (terminais de contato com liga de cobre com pequena quantidade de ouro), tubo de ensaio, ácido nítrico (HNO₃), recipiente (béquer) com água.

Foi colocado os terminais de HD em um tubo de ensaio. Em seguida adicionou um pouco de ácido nítrico concentrado nos terminais metálicos. Logo ocorre uma reação química (figura 6) entre os componentes metálicos presentes (cobre, níquel e prata, exceto o ouro) com o ácido, sendo corroído, como mostra nas equações abaixo [7]:



Figura 6 - Reação entre os metais e o HNO₃ [7]



Figura 7 - Flocos de ouro sem os outros metais [7]

O gás liberado nessas reações é o dióxido de nitrogênio (NO₂), um gás altamente tóxico e conhecido pelo seu cheiro forte e com cor castanha, marrom [8]. Portanto durante esse experimento, deve-se ter atenção com o gás liberado. O ouro acaba não participando dessa reação, pois é um metal com pequena reatividade, é extremamente difícil de ser dissolvido por um ácido puro, apenas com condições extremas de oxidação e de temperatura [9]. E assim, ele pode ser separado dos restantes através desse processo químico, sendo apenas o único que não foi dissolvido. Com o passar do tempo, pode-se observar o surgimento de pequenos flocos de ouro. A adição de ácido nítrico se repete até que todos os metais (exceto o Au) presentes na liga

sejam dissolvidos completamente e apenas restando pequenos pedaços de ouro. Poderá fazer também o uso do aquecimento da mistura para acelerar o processo químico, observa-se a liberação, cada vez mais, do NO₂. [7]

Depois, foi despejado a solução com ouro e nitratos metálicos num recipiente com água, para que os sais provenientes da reação anterior possam ser dissolvidos e esperar que os flocos de ouro possam ser decantados. Logo em seguida, separa-se a solução sobrenadante e fazer um teste para verificar se o Au é puro através da adição de algumas gotas do ácido nítrico. Se não houver nenhuma reação e nem a liberação do gás dióxido de nitrogênio, como demonstra a figura 8, prova que o ouro é puro, caso contrário, repete-se mais vezes o passo da adição do HNO₃.



Figura 8 - Ouro sem reação com o ácido nítrico [7]

Após isso, realiza-se um processo de lavagem para limpar o ácido ou mesmo os restos do nitrato de cobre [7]. Caso queira, pode-se preparar um composto com o ouro obtido. Para isso, prepara-se a água régia, que é uma mistura do ácido nítrico com ácido clorídrico (HCl) na proporção de 1:3. Mesmo que nenhum ácido sozinho possa reagir com o ouro, o ácido nítrico possui um potencial oxidante, formando íons de Au. Já o ácido clorídrico faz com que os íons Cl^- reaja com os íons de ouro e tornando essa reação possível e favorável, formando uma solução amarelada chamado de ácido cloroáurico, como mostra nas equações abaixo [10]:



Resumindo, o lixo eletrônico causa grandes impactos na natureza, mas, podemos reverter esse impacto em benefício, vantagem à nossa sociedade, como a reciclagem desse material através do processo metalúrgico em que se pode extrair metais preciosos e serem utilizados sem ter que explorar na natureza, já que esses recursos estão quase esgotando. E é um processo que requer bastante cuidado e com muito conhecimento químico, portanto, caso precise reciclar resíduos eletrônicos, sempre tentem encontrar empresas especializadas para realizarem esse processo.

Referências Bibliográficas:

- [1] O que é lixo eletrônico? [e onde descartar corretamente]. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-lixo-eletronico/#:~:text=O%20lixo%20eletr%C3%B4nico%20ou%20Res%C3%ADduos,foram%20descartados%20por%20seus%20donos.>>. Acesso em: 09/03/2022
- [2] Brasil é o quinto maior produtor de lixo eletrônico. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-10/brasil-e-o-quinto-maior-produtor-de-lixo-eletronico>>. Acesso em: 09/03/2022
- [3] Lixo eletrônico tem substâncias perigosas para a saúde humana. Disponível em: <<https://itforum.com.br/noticias/idgnoticia-2007-04-25-5815600608/>>. Acesso em: 09/03/2022.
- [4] SIQUEIRA, Amanda Rodrigues; DA SILVA, Soraya Menezes; KITAJIMA, Luiz Fernando Whitaker. A sustentabilidade do uso da hidrometalurgia na reciclagem do lixo eletrônico.
- [5] DE MORAES, Viviane Tavares. Recuperação de metais a partir do processamento mecânico e hidrometalurgia de placas de circuito impresso de celulares obsoletos.
- [6] Diagrama de Pourbaix. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Pourbaix. Acesso em: 12/03/2022
- [7] Extraíndo OURO de Lixo Eletrônico!!! (pequena escala) Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=FPo7CFsInuc&t=59s>>. Acesso em: 14/03/2022
- [8] Dióxido de nitrogênio? Conheça o NO₂. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/no2-dioxido-de-nitrogenio/>>. Acesso em: 14/03/2022
- [9] Ouro (Au). Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/ouro.htm#:~:text=O%20ouro%20%C3%A9%20um%20metal,eI%C3%A9trica%2C%20valor%20e%20in%C3%A9rcia%20qu%C3%ADmica.&text=O%20ouro%20%C3%A9%20um%20metal%20de%20colora%C3%A7%C3%A3o%20dourada%2C%20de%20aspecto,%C3%A0%20corros%C3%A3o%2C%20d%C3%BAtil%20e%20male%C3%A1vel>>. Acesso em 14/03/2022
- [10] Água-régia. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/agua-regia.htm>>. Acesso em: 14/03/2022