

A Química dos oceanos: uma ciência vital

"Everyone, everywhere is inextricably connected to and utterly dependent upon the existence of the sea."

"Todos, em todo lugar, são inextricavelmente conectados e completamente dependentes da existência do mar" (Tradução livre)

Sylvia Earle, A terra é azul

O oceano cobre, aproximadamente, três quartos da superfície da Terra, o que torna evidente sua ampla participação em todos os âmbitos da vida no planeta. Ao longo da história, foi o ventre de diversas sociedades costeiras, nutrindo a economia local, integrando comunidades ao redor do globo e provendo diversos recursos. Mesmo com tamanha importância, do ponto de vista científico, o oceano não despertou muita curiosidade até se tornar a maior fonte de petróleo do mundo, motivando estudos para sua exploração e simultânea preservação.

A partir de então, com o surgimento de diferentes institutos de pesquisa oceanográfica, foram estudadas as espécies marítimas, em grande parte ainda desconhecidas, matérias-primas que podem ser extraídas e os diversos ciclos biogeoquímicos do qual o oceano participa. Essas análises são significativas pois, ao conhecer nosso planeta mais detalhadamente, é possível conviver de forma harmônica com o meio ambiente.

Uma das mais importantes descobertas científicas a partir do estudo oceanográfico foi a da absorção do dióxido de carbono atmosférico pelo oceano. O CO₂ é uma das substâncias que participa do efeito estufa, ao absorver radiação solar e regular a temperatura da Terra. No entanto, caso esteja presente em grandes quantidades, pode gerar o aumento da temperatura média global a níveis fatais para a vida no planeta, caso absorva quantidade excessiva da radiação solar [1, 2].

Ao absorver esse gás, o mar regula a quantidade de dióxido de carbono que atua no efeito estufa, gerando um equilíbrio climático. Desde o início da Era Industrial (séculos XVIII e XIX), a concentração de gás carbônico na atmosfera aumentou em 27%, como consequência da queima de combustíveis fósseis e outras atividades humanas [3]. Como resultado, a capacidade de absorção dos oceanos foi sobrecarregada, gerando a sua acidificação. Tal diminuição do pH ocorre devido à interação do CO₂ com H₂O, que forma ácido carbônico (H₂CO₃), composto extremamente instável que se decompõe em íons HCO₃⁻ e H⁺. A acidificação dos oceanos, por sua vez, interfere na estabilidade de estruturas calcárias, pois favorece a dissolução de CaCO₃, componente de esqueletos, corais e conchas, impactando em todo ecossistema marinho.

Tendo em vista os danos gerados pela liberação demasiada desse poluente, existem diversos estudos que buscam a técnica mais eficiente para capturá-lo da atmosfera. Uma pesquisa promissora da área propõe a mineralização do dióxido de carbono através de uma eletrólise sustentável [4].

Nessa pesquisa, foi desenvolvida uma célula eletroquímica na qual estava presente um duplo anodo de grafite e alumínio, um cátodo de platina e uma solução aquosa de cloreto de sódio. Na figura 1, é possível visualizar tanto a esquematização da célula eletroquímica, quanto o próprio aparato experimental utilizado, em laboratório, para estudo da mineralização de dióxido de carbono a partir de uma mistura inicial contendo 5% de gás carbônico e 95% de gás nitrogênio.

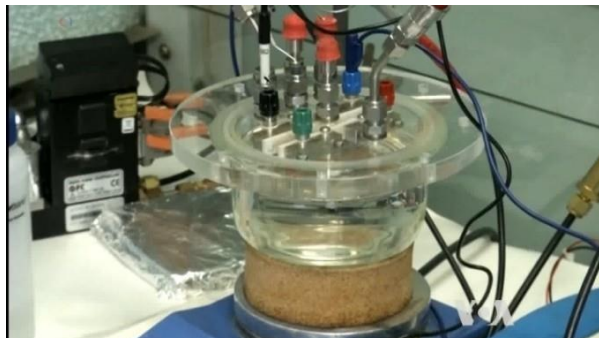
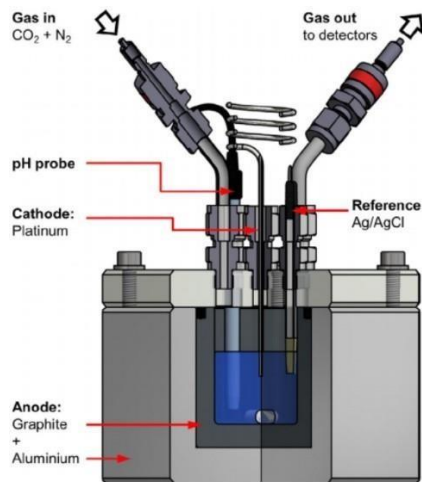


Figura 1: À esquerda, esquema da célula eletroquímica [5]; à direita, imagem do aparato experimental construído e utilizado para estudo da mineralização de CO₂ [4].

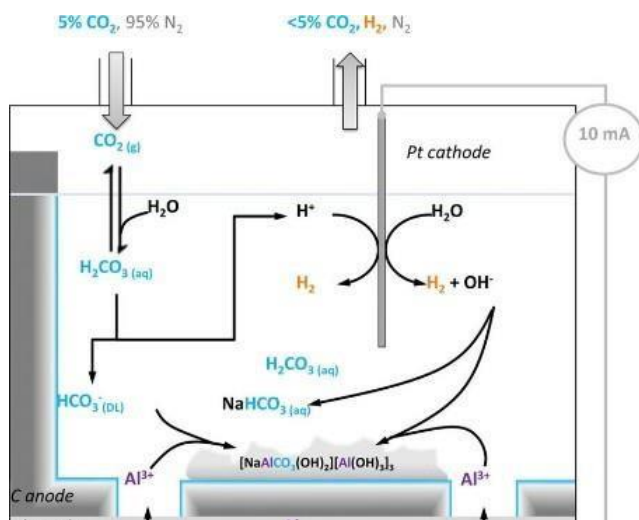
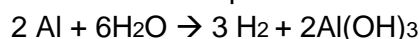
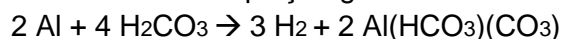


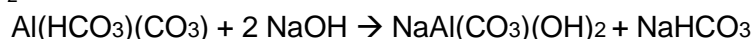
Figura 2: Representação das principais reações ocorridas no processo eletroquímico [5].



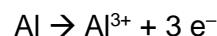
Além dessa possibilidade, o alumínio pode também atuar como um agente de captura do CO₂ de acordo com outra equação global:



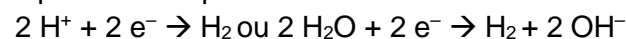
O produto dessa reação, nas condições básicas do eletrólito e na presença de Na⁺ (uma solução de NaCl é utilizada como eletrólito), reage com o hidróxido de sódio (NaOH), formando NaAl(CO₃)(OH)₂ e NaHCO₃, respectivamente, dawsonita e bicarbonato de sódio, conforme equacionado a seguir. Os principais produtos desse conjunto de reações são o precipitado, indicado na figura 3 e constituído pela dawsonita e pelo hidróxido de alumínio, e o H₂.



A figura 2 apresenta os processos eletroquímicos que levam à mineralização do dióxido de carbono. No anodo, o alumínio pode ser oxidado a Al³⁺, conforme representado pela equação a seguir:



Já no catodo de platina, ocorre a redução do H⁺ (proveniente da ionização do H₂CO₃, gerado a partir da dissolução de CO₂ na solução aquosa) ou a da própria água, que podem ser equacionadas por:



A partir das semirreações acima, pode-se escrever uma primeira equação global para o processo:



Figura 3: Captura de tela do vídeo, demonstrando a formação do precipitado como produto do conjunto de reações [4].

É possível evidenciar a ocorrência do experimento por meio da variação de pH, conforme pode ser visualizado no gráfico 1. A formação de hidróxido de alumínio e de bicarbonato de sódio na eletrólise e o consumo do ácido carbônico são responsáveis pelo aumento do pH da solução.

Como o estudo dedica-se à implementação de recursos sustentáveis na captura de CO₂ da atmosfera, foi utilizada a energia solar como matriz energética para a eletrólise. No gráfico 2, é possível perceber que, durante o dia, com uma maior voltagem sendo aplicada ao anodo, o nível de dióxido de carbono que foi liberado no gás de saída diminuiu consideravelmente, comprovando, assim, a eficiência do método.

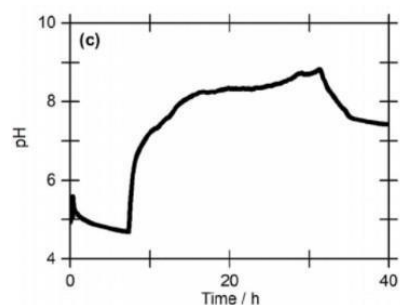
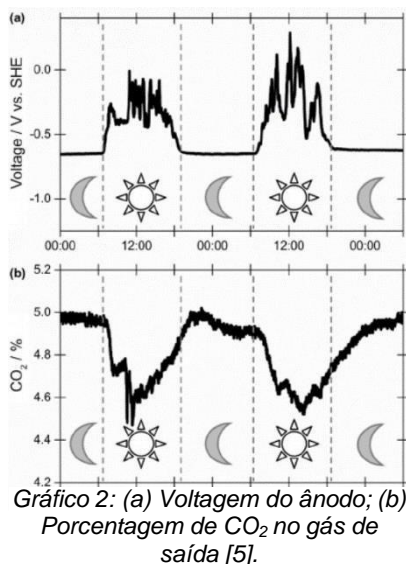


Gráfico 1: Alteração do pH da solução ao decorrer do tempo [5].

Além disso, um aspecto que demonstra o caráter de preservação do meio ambiente desse estudo é a obtenção de H₂. Enquanto outros métodos de eletrólise de dióxido de carbono consomem gás hidrogênio, este o libera. Atualmente, existem diversos estudos que buscam meios de utilizar o H₂ como combustível, fazendo parte dos esforços mundiais de descarbonização das matrizes energéticas. Apesar de, atualmente, não existirem veículos que funcionem somente com hidrogênio sendo utilizados no cotidiano, é uma área de pesquisa promissora, e que poderia ser beneficiada com a aplicação desse método de eletrólise em larga escala.

Outro fator que demonstra a eficácia da técnica no que tange à proteção do meio ambiente é a empregabilidade de alumínio reciclado no processo. A partir dos resultados experimentais obtidos [5], estima-se que 3,9 mmol de alumínio podem ser utilizados para capturar 2,8 mmol de CO₂. Em 2015, o Brasil reciclou 602 mil toneladas de alumínio [6]. Caso essa quantidade fosse utilizada no processo de eletrólise, aproximadamente 722 mil toneladas de gás carbônico poderiam ser retiradas da atmosfera. Ademais, a indústria brasileira é especializada nesse tipo de reciclagem, sendo que 55,4% do alumínio produzido nacionalmente é originário desse processo, taxa excepcional se comparada à média mundial de 25,9% [7].

O estudo apresentado [5] é uma ótima alternativa para diminuir a absorção de dióxido de carbono pelo oceano, visando a conter a acidificação deste e a diminuir o aumento da temperatura global. Com o aprimoramento da célula eletroquímica, seria possível aplicá-la em larga escala, e, considerando as taxas globais de reciclagem do alumínio, essa tecnologia poderia capturar de 20 a 45 milhões de toneladas de CO₂ por ano. Também teria eficiência destacada no Brasil, tanto por ser um país que produz grande quantidade de alumínio reciclado quanto por ser pioneiro na utilização de fontes de energia limpa, tirando assim grande proveito da liberação de H₂ no processo.

Em suma, apesar de a atividade humana ter proporcionado consequências irreversíveis ao meio ambiente, ainda é possível diminuir os efeitos da mudança climática global. Os estudos da química podem trazer soluções revolucionárias a tais problemáticas. Dessa forma, é de extrema relevância que haja o incentivo à Ciência em todo o mundo. É por meio dela que poderemos transformar o ambiente ao nosso redor e garantir o bem-estar de todos.

Referências:

- [1] Site: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2020/03/desequilibrio-dos-oceanos-e-ao-mesmo-tempo-caoa-e-efeito-da-caoa-climatica>>. Acesso em: 19/03/21.
- [2] CAMPOS, E. J. D. O Papel do Oceano nas Mudanças Climáticas Globais. **Revista USP**, [S. l.], n. 103, p. 55-66, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p55-66. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99184>. Acesso em: 19/03/2021.
- [3] PACHECO, Maria Raquel Pereira dos Santos; HELENE, Maria Elisa Marcondes. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Estud. av.**, São Paulo, v. 4, n. 9, p. 204-220, Agosto, 1990. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340141990000200010&lng=en&nrm=i so. Acesso em: 19/03/2021.
- [4] Site: <https://www.youtube.com/watch?v=GscZm5QPxO8>. Acesso em: 19/03/2021
- [5] Parkin, A.; North, M.; Aguiar, P. M. et al., (2017) **Capacitance-Assisted Sustainable Electrochemical Carbon Dioxide Mineralisation**. Disponível em: <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cssc.201702087>. Acesso em: 19/03/2021.
- [6] Site: <<https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>>. Acesso em: 19/03/2021.
- [7] Site: <<https://revistaaluminio.com.br/reciclagem-do-aluminio-no-brasil-vai-muito-alem-das-latinhas/>>. Acesso em: 24/03/2021.