

Cientistas criam sistema que captura e converte CO2

A mudança altera o comportamento químico do processo, permitindo não só maior absorção de dióxido de carbono, mas também a mudança direta em monóxido de carbono, essencial na produção de combustíveis sintéticos e produtos químicos

» RAFAELA LEITE*

Todos os anos, usinas e indústrias em todo o mundo liberam grandes volumes de dióxido de carbono (CO2) na atmosfera, intensificando o agravamento da crise climática global. Nesse contexto, pesquisadores da Universidade de Chicago e do Laboratório Nacional Argonne, nos Estados Unidos, desenvolveram uma nova abordagem para o aproveitamento do CO2 emitido diariamente, ao integrar captura e conversão em um único sistema, com menor demanda energética e maior eficiência operacional. O estudo foi publicado na revista científica *Nature Energy*.

Reginaldo J. Gomes, cientista brasileiro e líder da pesquisa, explicou ao **Correio** que a proposta parte de um cenário em que já existem tecnologias consolidadas de captura e até reinjeção de carbono em reservatórios, como as utilizadas pela Petrobras no setor de petróleo e gás, mas diz que sempre questionou por que esse carbono não poderia ser reaproveitado como insumo produtivo, em vez de ser apenas armazenado. De acordo com ele, a principal inovação do método está na substituição da água por um solvente orgânico, o DMSO (dimetilsulfóxido).

"Essa mudança altera, de forma significativa, o comportamento químico do processo, permitindo não apenas uma maior absorção de CO2, mas também sua conversão direta em monóxido de carbono — um composto fundamental na produção de combustíveis sintéticos e diversos produtos da indústria química. Paralelamente, o sistema troca a prata, tradicionalmente usada como catalisador, pelo zinco, um material mais abundante e significativamente mais barato."

Segundo os autores do projeto, um dos avanços do novo modelo é a eliminação de etapas altamente intensivas em energia, como o aquecimento necessário para liberar o CO2 capturado em sistemas convencionais. Na abordagem desenvolvida, a eletricidade passa a ser utilizada diretamente para promover a conversão do gás, simplificando o processo e reduzindo o consumo energético total.

Diferença no processo

Gomes detalha como funcionam as tecnologias tradicionais e o que muda com a nova proposta. Hoje, explica ele, a captura e a conversão do dióxido de carbono ocorrem em etapas separadas. Primeiro, o gás é absorvido por soluções aquosas em um processo que ele compara a um "chuveiro químico" aplicado às emissões industriais. Em seguida, é necessário aquecer essa solução entre 120 °C e 150 °C para liberar o dióxido de carbono, etapa que concentra grande parte do custo energético.

"O que mostramos é que é possível integrar essas duas etapas. Em vez de capturar e depois liberar o CO2, utilizamos o

Escola de Engenharia Molecular Pritzker da Universidade de Chicago / John Zich



Nova abordagem do estudo: menor demanda energética e maior eficiência operacional

Duas perguntas para

REGINALDO J. GOMES, PÓS-DOUTORANDO NO LABORATÓRIO NACIONAL DE ARGONNE, NOS ESTADOS UNIDOS

Existe alguma tecnologia semelhante no Brasil?

Existem, sim, grupos acadêmicos e iniciativas industriais no Brasil explorando captura, uso e conversão de CO2. A Petrobras, por exemplo, é uma referência importante em reinjeção de CO2 no pré-sal. Nesse caso, o objetivo principal é separar o CO2 e armazená-lo de forma segura no subsolo. Já a Braskem possui parcerias com universidades voltadas à utilização de CO2 como matéria-prima na produção de plásticos. Contudo, uma tecnologia exatamente como a nossa, que combina captura com conversão eletroquímica direta, ainda é bastante recente na literatura e representa um diferencial importante do trabalho. Inclusive, já existe um pedido de patente em andamento

relacionado a nossa abordagem.

Qual seria o custo do sistema?

Ainda é cedo para falar em custo de implantação industrial, já que a tecnologia está em escala de laboratório. Nós realizamos uma análise técnica e econômica e identificamos que o custo final depende de fatores que ainda precisam ser validados em maior escala, como a estabilidade do sistema, a durabilidade dos materiais e o custo da eletricidade. Mas podemos afirmar que estamos redirecionando a energia que antes seria usada para aquecer e liberar o CO2 para, em vez disso, convertê-lo diretamente em algo útil, o que gera ganhos significativos. Em resumo, os resultados indicam potencial de redução de custo em relação às tecnologias tradicionais, mas ainda não há um valor industrial definido.

próprio meio de captura para converter o CO2 diretamente usando eletricidade. Isso elimina a etapa mais intensiva em energia

e torna o processo mais eficiente", afirma. Em testes de laboratório, o sistema alcançou até 78% de conversão do CO2 puro em

monóxido de carbono. Quando aplicado a misturas gasosas mais próximas das condições industriais reais, a eficiência chegou a 43%, desempenho comparável ao de tecnologias já existentes.

O pesquisador destaca que a escolha do DMSO é determinante para esse resultado. Em soluções aquosas, a aplicação de corrente elétrica favorece reações paralelas que geram hidrogênio, o que reduz a eficiência da conversão do CO2. "Quando passamos eletricidade em sistemas aquosos, tanto a água quanto os próprios compostos usados para capturar CO2 acabam reagindo, gerando hidrogênio. Isso compete diretamente com a conversão do CO2 e reduz a eficiência", explica.

Com o novo solvente, esse cenário muda de forma significativa. "Quando usamos um solvente orgânico como o DMSO, mudamos completamente essa química. O CO2 dissolvido passa a existir majoritariamente como uma espécie neutra, que é mais fácil de converter e não sofre essas reações indesejadas", detalha. Ele acrescenta ainda que o próprio meio também contribui para o processo: "Na prática, o solvente deixa de ser apenas um 'meio' e passa a ajudar tanto na captura quanto na conversão."

Essa reorganização do ambiente químico também viabilizou a substituição da

Para saber mais

Funcionalidade

O pesquisador e autor do primeiro estudo, Reginaldo J. Gomes, diz que o principal produto fabricado hoje a partir do CO2 capturado é o monóxido de carbono. Segundo ele, esse nome pode gerar algum estranhamento, por se tratar de gás tóxico e poluente. Contudo, quando produzido de forma controlada, ele é um insumo extremamente importante na indústria. O monóxido de carbono é um dos principais componentes do chamado gás de síntese, ou "syngas", que é a base de várias cadeias industriais, tais como metanol, plásticos, solventes e combustíveis como diesel e querosene de aviação, ou seja, em produtos úteis. Além disso, é usado na produção de aço e em diversos processos petroquímicos. Assim, em vez de ser liberado na atmosfera, o carbono é reaproveitado ajudando a reduzir os impactos ambientais e a tornar a produção mais sustentável.

prata pelo zinco como catalisador. Embora a prata apresente alta eficiência, seu custo elevado dificulta aplicações em larga escala. "Mas como mudamos completamente o ambiente químico usando DMSO, esse problema deixa de ser dominante", explica o brasileiro. Sobre o zinco, ele ressalta: "é abundante, condutor de eletricidade e muito mais acessível, até 1000 vezes mais barato". Em alguns experimentos, o material chegou a converter até 70% da eletricidade em produto útil. "Isso é fundamental pensando em indústria, porque não basta funcionar bem, precisa fechar a conta", destaca.

Ainda que os resultados mostrem potencial, a tecnologia até agora encontra-se em fase laboratorial. Mesmo assim, os testes já foram realizados em condições mais próximas das emissões reais, incluindo misturas gasosas com menor concentração de CO2 e presença de oxigênio. Para os cientistas, os avanços indicam um caminho consistente rumo à aplicação industrial no futuro. "Apesar de já termos desenvolvido essa linha por alguns anos e demonstrado o conceito com bons resultados, essa tecnologia ainda é um 'bebê' dentro do ciclo de desenvolvimento industrial", afirma Gomes.

*Estagiária sob a supervisão de Marcelo Abreu

REAPROVEITAMENTO

IA mede plástico reciclado em produtos

O uso de plástico reciclado vem sendo amplamente divulgado em produtos como garrafas, embalagens e roupas. No entanto, verificar com precisão quanto de material reciclado está presente nesses itens ainda é um desafio, já que não existe, até o momento, um método simples e confiável para essa medição. Agora, pesquisadores da Universidade de Buffalo, nos Estados Unidos, desenvolveram uma nova abordagem que combina diferentes técnicas científicas com inteligência artificial (IA). A proposta permite diferenciar plásticos reciclados de plásticos novos e estimar a proporção de material reaproveitado em cada amostra.

O estudo, publicado na revista *Nature Communications Engineering*, revela que o principal desafio enfrentado pela equipe está no fato de que o processo de reciclagem torna o plástico muito semelhante ao material original. Após ser derretido, limpo e remodelado, o plástico reciclado mantém características químicas próximas às do material novo. Ainda

assim, pequenas diferenças, como impurezas microscópicas e alterações nas cadeias de polímeros, podem ser identificadas por métodos mais avançados, segundo o trabalho.

Abordagem

Para detectar essas variações, os pesquisadores combinaram quatro técnicas: teste triboelétrico, espectroscopia dielétrica, análise de capacitância e espectroscopia de infravermelho médio. Essas metodologias permitem analisar propriedades elétricas e estruturais do produto, revelando sinais associados ao processo de reciclagem.

De acordo com a pesquisa, a equipe concentrou a análise desses sinais no PET (tereftalato de polietileno), um dos polímeros mais utilizados pela indústria, presente em garrafas e embalagens. Os dados obtidos foram então processados por um sistema de aprendizado de máquina, que identificou padrões e

Metodologias

O teste triboelétrico avalia o que acontece quando um material entra em contato ou é atritado com outra superfície. Nesse processo, pode ocorrer transferência de cargas elétricas, fazendo com que o material fique eletrizado. A forma e a intensidade dessa eletrização ajudam a revelar diferenças na estrutura interna e na composição do material. A espectroscopia dielétrica estuda como o plástico se comporta quando é submetido a um campo elétrico. Esse ensaio mostra o quanto o material consegue armazenar energia elétrica e também como ele a dissipa. Por fim, a espectroscopia de infravermelho médio investiga a estrutura química do material. Ela funciona observando como o material absorve radiação infravermelha: diferentes ligações químicas interagem de maneiras específicas com a radiação. Assim, é possível identificar alterações na composição química e detectar mudanças na estrutura.

Freepik



O estudo propõe estimar a proporção de material reaproveitado em cada amostra

correlacionou os resultados com diferentes níveis de material reciclado. O modelo apresentou mais de 97% de precisão na identificação do conteúdo reciclado em amostras contendo até 50% de material reaproveitado.

"Nenhum método tradicional consegue determinar a porcentagem de plástico reciclado em um produto plástico. É por isso que utilizamos uma abordagem física multimodal combinada com a fusão de dados de todas essas técnicas para determinar a porcentagem

de conteúdo de plástico reciclado", disse, ao **Correio**, o professor do Departamento de Engenharia Química e Biológica da universidade e responsável pelo trabalho, Amit Goyal. A próxima etapa envolve o desenvolvimento de um dispositivo portátil, que integre todas as técnicas utilizadas, permitindo análises em campo. Goyal ressalta, ainda, que o modelo pode ser expandido para abranger outros tipos de plástico além do PET: "Faremos isso em trabalhos futuros."