



ARTIGO, _DOSSIÊ 223

A DESCARBONIZAÇÃO PELA ELETROQUÍMICA E SEU IMPACTO PARA UMA SOCIEDADE SUSTENTÁVEL

20 DE JANEIRO DE 2021 | COMCIENCIA

Por Miguel Luiz Miotto Negro, André Santarosa Ferlauto e Fabio Coral Fonseca

Num futuro não muito distante o mundo não emitirá carbono para a geração de energia elétrica e nem para a produção de plásticos. Esse cenário parece bom demais para ser verdade, mas o caminho já está quase todo mapeado pela ciência.

A petroquímica do início do século XXI

Podemos até não perceber, mas a petroquímica faz parte da estrutura de nossas sociedades. Roupas, pneus, aparelhos digitais, embalagens, detergentes, fertilizantes e inúmeros outros itens de uso diário são feitos de produtos petroquímicos.

O principal processo para obtenção da maioria desses produtos é o craqueamento do petróleo, no qual moléculas de cadeias carbônicas maiores são transformadas em moléculas com cadeias carbônicas menores. O craqueamento é empregado em refinarias de petróleo em todo o mundo, porém essa forma de produção requer alto consumo de energia e produz efluentes tóxicos nas formas sólida, líquida e gasosa. Dentre esses poluentes, destacam-se gases de efeito estufa, ou *greenhouse gases* (GHG), tais como CO, CO₂, NO_x, SO_x, líquidos como HC's, óleo, H₂S, NH₃ e metais pesados sólidos.

Por outro lado, as matérias-primas petroquímicas respondem por 12% da demanda global de petróleo, uma parcela que deve aumentar impulsionada pelo aumento da demanda por plásticos, fertilizantes e outros produtos. A Agência Internacional de Energia afirma que os petroquímicos vão se tornar rapidamente o maior setor consumidor de petróleo e estima que em 2050 ele responderá por 50% do consumo global de petróleo, ultrapassando a demanda por combustíveis. É interessante notar que a produção de energia tem dominado os esforços na busca de um futuro mais sustentável e, apesar de seu tamanho significativo e importância estratégica, o setor industrial aparece em segundo plano quando se pensa na descarbonização e sustentabilidade da humanidade. Para um futuro sustentável é premente que a transição energética seja acompanhada de uma transição para uma nova indústria.

Eletroquímica

A eletroquímica é uma parte da físico-química que estuda as reações de transferência de elétrons para a transformação de energia química em energia elétrica e vice-versa.

A eletroquímica tem grande presença no cotidiano, pois é usada em pilhas e baterias que acionam aparelhos como telefone celular, computador, no-break, controle remoto, bateria de automóvel e muitos outros. Mas ela não se limita a essas aplicações. Dentre muitas outras, destacam-se processos industriais como a galvanização, o eletrorefino, a usinagem eletroquímica e as produções de soda cáustica, de placas eletrônicas e de enzimas biológicas.

Elétrons verdes

Dá-se o nome de elétrons verdes à energia elétrica gerada por fontes que não emitam gases do efeito estufa. Nas duas últimas décadas, os custos da geração eólica e fotovoltaica têm caído drasticamente. Hoje, já é economicamente mais vantajoso construir fazendas eólicas ou solares do que novas usinas termelétricas a gás ou carvão. Ou seja, a geração de eletricidade sem emissão de gases do efeito estufa já é fato consumado, tratando-se apenas de uma questão de tempo para que a matriz elétrica seja descarbonizada.

Neste contexto, a combinação da disponibilidade de elétrons verdes e a necessidade de descarbonização de processos industriais torna a eletroquímica uma excelente oportunidade de desenvolvimento tecnológico e científico.

O Centro de Inovação em Novas Energias – Cine

O Centro de Inovação em Novas Energias (Cine) foi lançado pela Fapesp, Shell Brasil, Unicamp, USP e Ipen em maio de 2018. O Cine possui quatro divisões, cujas principais linhas de pesquisa são:

Divisão 1 – Processos eficientes e de baixo custo para a conversão da luz solar em energia elétrica, hidrogênio e metanol, entre outros.

Divisão 2 – Avanços na tecnologia de baterias e supercapacitores para torná-los mais viáveis economicamente.

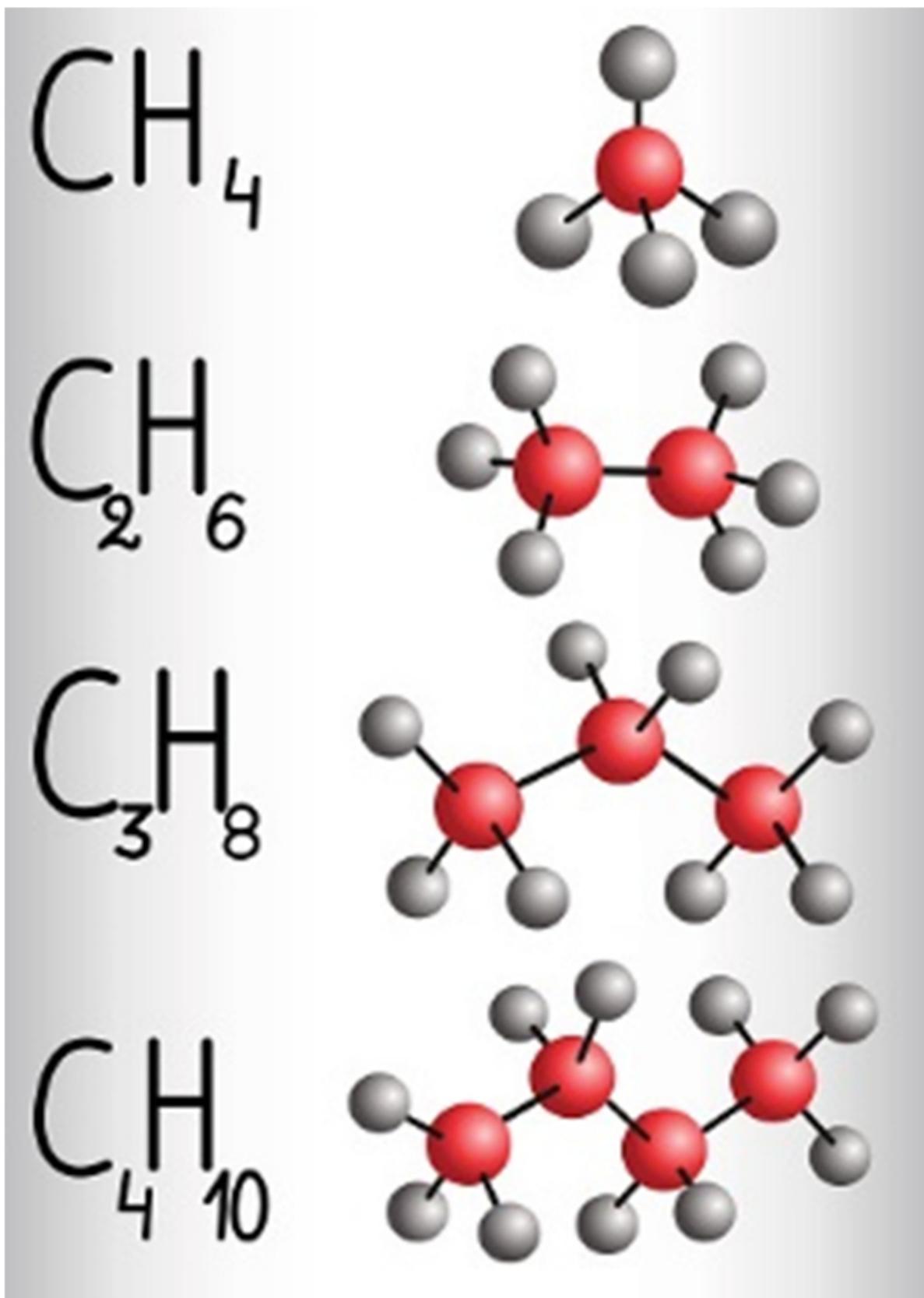
Divisão 3 – Conversão eletroquímica de metano em produtos de maior valor agregado.

Divisão 4 – Abordagem computacional multiparamétrica e de aprendizagem de máquina para as demais divisões do Cine.

A Divisão 3 do Cine é um centro de pesquisa de ponta em eletroquímica, com atividades no Brasil e em conjunto com diversos colaboradores no exterior. Aliás, a eletroquímica também é peça fundamental das outras divisões, desde os estudos de foto eletroquímica para geração de portadores de energia da Divisão 1, passando pelo armazenamento de energia via baterias e supercapacitores da Divisão 2 até os estudos computacionais de tais processos na Divisão 4.

A eletroquímica para modernização da indústria requer avanços científicos e tecnológicos. Como ciência, ela busca aprofundar o entendimento dos diversos tipos de processos em que reações químicas são controladas por aplicação de um potencial elétrico. Neste viés, todas as divisões do CINE têm contribuído para tal aprofundamento com propostas de novos materiais e de técnicas de caracterização. Já em seu aspecto tecnológico, a eletroquímica de nossos dias busca o desenvolvimento de novos métodos para a produção de materiais e de energia.

Uma das possibilidades da eletroquímica é a produção de moléculas com cadeias carbônicas maiores a partir de moléculas de cadeias carbônicas menores (*bottom-up*). É o raciocínio inverso do craqueamento (*top-down*), mas leva aos mesmos produtos. Por exemplo, é possível produzir o plástico do nosso dia-a-dia a partir de metano, uma molécula que contém apenas um átomo de carbono. Esse processo usa o metano como um bloco básico de construção, que vai sendo agregado a outros blocos formando cadeias maiores, típicas dos plásticos.



Usando o metano (CH₄) como tijolo para construção de moléculas maiores.

Visão do Cine

Em um possível cenário futuro não tão distante, elétrons verdes, abundantes e de baixo custo tornarão viáveis processos eletroquímicos de larga escala que substituirão o craqueamento do petróleo. A eletroquímica permitirá a descarbonização de grande parte da atual indústria química. Porém, avanços dis-

ruptivos serão necessários para essa mudança de paradigma, já que o uso de metano como bloco de construção químico é extremamente desafiador devido às características inerentes dessa molécula notável, como, por exemplo, sua estabilidade.

A estabilidade do metano faz com que reações para sua conversão em outros produtos sejam desafiadoras, pois muitas vezes os produtos de interesse são menos estáveis que o metano, limitando o rendimento dessas reações.

Os projetos de pesquisa do Cine nesta área buscam o desenvolvimento de reatores que usam elétrons e íons para controlar as reações de conversão de metano. Esses dispositivos eletroquímicos têm diversas vantagens em relação às reações de catálise tradicionalmente usadas. Uma delas é a possibilidade de controle preciso de entrega de reagentes, como o oxigênio, por meio de controle do potencial elétrico, evitando a combustão direta do metano. Outro ponto de destaque é que esses reatores usam eletrólitos sólidos. Estes materiais, cerâmicos ou poliméricos, têm vantagens sobre os eletrólitos líquidos, tais como: permitem maiores faixas de potencial elétrico aplicado e separam naturalmente os produtos de reação, evitando processos complexos de separação pós reação.

Estes projetos lidam com aspectos que vão da ciência dos materiais até sua aplicação em dispositivos experimentais que vão demonstrar novas possibilidades de reações para produção de moléculas de interesse da indústria química. No CINE estão sendo desenvolvidos vários novos materiais. Alguns exemplos são novos eletrólitos aniônicos poliméricos e diversos nanomateriais com propriedades eletrocatalíticas. Estes materiais são componentes dos reatores eletroquímicos que permitirão novas rotas para as reações de conversão do metano em produtos como o metanol e o etano, que são material de partida para uma infinidade de produtos de uso cotidiano.

Miguel Luiz Miotto Negro é tecnologista sênior do IPEN-CNEN/SP Engenheiro com doutorado pelo IPEN-USP com longa experiência nos setores público e privado. É pesquisador no Centro de Inovação em Novas Energias (CINE).

André Santarosa Ferlauto é professor associado de Engenharia de Materiais na UFABC. Físico com doutorado em Materiais pela Penn State University (Estados Unidos). Participa como pesquisador no Centro de Inovação em Novas Energias (CINE).

Fabio Coral Fonseca é pesquisador sênior do IPEN-CNEN/SP. Físico, completou o doutorado em 2001 no IPEN-USP estudando eletrólitos sólidos cerâmicos. Atua como pesquisador e coordenador de programa no Centro de Inovação em Novas Energias (CINE).

Agradecimento

Os autores agradecem o apoio da Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, processo número 2017/11937-4), a Shell e a importância estratégica do apoio da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), por meio do regulamento da Taxa de P&D.

