

GERAÇÃO DE HIDROGÊNIO

O hidrogênio como combustível e fonte de energia vem sendo objeto de pesquisa em vários países do mundo, constituindo-se numa espécie de terceira geração de combustíveis. Prevê-se que ele seja disponível comercialmente para após 2030.

O hidrogênio apresenta algumas vantagens em relação a outras fontes energéticas: traz benefícios ambientais (sua combustão gera apenas vapor d'água como produto, e não compostos de carbono que causam emissões de gases de efeito estufa); é um recurso que pode ser encarado como ilimitado (que, combinado com o oxigênio, na forma de água, existe em grande quantidade na Terra, e a água produzida na combustão pode ser revertida em seus componentes).

Mas há barreiras ao amplo emprego do hidrogênio como combustível e fonte de energia: não se trata de um combustível primário (não é encontrado na natureza em estado puro, em quantidade significativa); há dificuldades em seu armazenamento para uso veicular (é um composto de baixíssima densidade, que ocupa muito volume, embora haja a alternativa de armazenamento na forma de hidretos, compostos instáveis que o liberam lentamente); sua produção a partir de recursos renováveis ainda não é economicamente competitiva; e as tecnologias para eliminação completa de carbono do ciclo produtivo ainda estão em desenvolvimento.

As rotas comerciais atuais prescindem do elemento carbono, e, em geral, empregam insumos de origem fóssil. A produção de hidrogênio para uso industrial, que tem como um dos principais mercados a produção de amônia, intermediário de fertilizantes, é bem conhecida e feita por processo de reforma de gás natural, rico em metano: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3 \text{H}_2$

A produção de hidrogênio via eletrólise da água também é usada no Brasil, diretamente ou como subproduto de outros processos eletrolíticos, como a produção de cloro e soda, mas seu custo é elevado em comparação com o processo de reforma, portanto preenche apenas nichos de mercado.

Um processo em fase de desenvolvimento que eliminaria por completo os compostos de carbono do ciclo global é o processo combinado de eletrólise da água por meio de energia solar: heliotérmica, por espelhos concentradores de energia.

Como se vê, a geração de hidrogênio seja por fontes convencionais ou alternativas, é um tema extremamente relevante em P & D. Por isso, convidamos dois pesquisadores reconhecidos nacionalmente, ambos pesquisadores nível 1 do CNPq, para explicar de forma acessível o tema geração de hidrogênio aos leitores da RQI. São eles: Marcelo Zaiat, do Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo; e Mariana de Mattos Vieira Mello Souza, do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Marcelo Zaiat nos falará da geração do chamado bio-hidrogênio, enquanto Mariana Souza focará a geração de hidrogênio por meios convencionais.

Produção de bio-hidrogênio



RQI: O que se entende por geração de bio-hidrogênio?

Marcelo Zaiat: O hidrogênio pode ser gerado a partir de processos biológicos, com o uso de microrganismos que realizam transformações e liberam o gás hidrogênio. Há dois bioprocessos clássicos, um com uso de organismos fotossintetizantes e outro com uso de organismos heterotróficos fermentativos. O estudo do uso de organismos fermentativos tem sido mais comum e, nesse caso, fontes variadas de matérias orgânicas podem ser usadas para esse fim. O uso de águas residuárias, principalmente as ricas em carboidratos, tem sido bastante explorado em pesquisas, já que a geração do bio-hidrogênio se dá com a geração de ácidos orgânicos e alguns solventes, processo inicial da digestão anaeróbia, denominado acidogênese. Esse tipo de pesquisa visa valorizar o resíduo, gerando energia, além de adequá-lo para disposição no ambiente com o mínimo de impacto ambiental.

RQI: Quais são as fontes hoje mais usadas para a obtenção industrial do bio-hidrogênio?

Marcelo Zaiat: Não tenho notícia de processos

industriais para a geração de hidrogênio por via biológica. A maioria das pesquisas ainda enfoca os sistemas em escala de laboratório, e alguns poucos já estudam a geração em sistemas em escala piloto. Certamente a principal fonte serão as águas residuárias ricas em matéria orgânica, principalmente carboidratos, mas pode-se pensar, também, em outras matérias-primas como o próprio caldo de cana, o que hoje parece inviável e impossível por concorrer com a produção de etanol. No futuro, no entanto, carboidratos de várias origens serão potenciais fontes para geração desde que o processo esteja bem estudado e com tecnologia dominada e consolidada.

RQI: Quais são os entraves que limitam atualmente a produção de bio-hidrogênio em escala industrial?

Marcelo Zaiat: O grande problema hoje é o entendimento global do processo fermentativo e de todas as variáveis que influenciam a geração de bio-hidrogênio. Os processos estudados ainda são muito instáveis e o controle de organismos consumidores de hidrogênio não é fácil. Outro problema é a qualidade do gás gerado, muitas vezes contaminado, principalmente com gás sulfídrico quando há altas concentrações de sulfato nas águas residuárias.

RQI: Que avanços tecnológicos são esperados para os próximos anos para viabilizar a produção de bio-hidrogênio em grande escala?

Marcelo Zaiat: São vários os desafios, a começar pelo controle do bioprocessos. Além disso, as bases para aumento de escala dos biorreatores não estão consolidadas, assim como não estão consolidadas as técnicas de purificação do biogás gerado para adequá-lo para uso direto.



RQI: Considera o (bio-)hidrogênio um dos combustíveis do futuro?

Marcelo Zaiat: Certamente o hidrogênio será um dos combustíveis do futuro, principalmente se for obtido por fontes renováveis.

RQI: Como o Brasil se destaca no âmbito mundial das pesquisas de geração de bio-hidrogênio?

Marcelo Zaiat: O Brasil hoje possui vários grupos de pesquisa que atuam nessa área e todos estão, em minha opinião, no mesmo nível dos grupos estrangeiros. Na liderança mundial das pesquisas na área, considero que os asiáticos estão à frente,

principalmente Chineses e Coreanos.

RQI: O que gostaria de deixar como mensagem final?

Marcelo Zaiat: Gostaria de convidar todos os interessados para participar do Primeiro Workshop Latino-Americano do Bio-Hidrogênio que ocorrerá em São Carlos (SP) de 28 a 30 de julho deste ano com a presença dos principais pesquisadores Latino-Americanos na área (<http://www.lpb.eesc.usp.br/wlabh2/>). Esse evento é o primeiro organizado pela Rede Latino-Americana sobre Produção de Bio-hidrogênio, criada com objetivo de aliar os esforços de pesquisa na área.

Laboratório de Marcelo Zaiat na USP



Produção de hidrogênio por vias convencionais



RQI: O que se entende por geração de hidrogênio?

Mariana Souza: A geração de hidrogênio engloba todas as formas possíveis de produção de hidrogênio, a partir de combustíveis fósseis, como gás natural, petróleo e carvão; a partir da água, por processos eletroquímicos ou termoquímicos; por processos biológicos, como biofotólise e fermentação; ou ainda a partir de biomassa, por processos de gaseificação/pirólise ou reforma de compostos oxigenados derivados de biomassa. A geração de hidrogênio pode ser feita em grande escala, como em refinarias e plantas de produção de amônia, e em pequena escala, para produção de hidrogênio para células a combustível, que são utilizadas tanto em aplicações estacionárias quanto em aplicações móveis (veiculares). No meu livro “Tecnologia do Hidrogênio” (Editora Synergia, 2009) eu descrevo todas essas formas de geração de hidrogênio.

RQI: Quais são as fontes hoje mais usadas para a obtenção industrial do hidrogênio?

Mariana Souza: Mais de 95 % do hidrogênio

consumido mundialmente é produzido a partir de combustíveis fósseis, principalmente o gás natural. Cerca de 50 % da produção mundial de hidrogênio é proveniente do processo de reforma a vapor do gás natural, 30 % a partir de oxidação/reforma de nafta, óleos pesados e outros derivados do petróleo e 18 % a partir da gaseificação do carvão. A eletrólise da água responde por menos de 4 % da produção mundial e outras formas de produção, incluindo biomassa, não chegam a 0,1 %. Portanto, a produção de hidrogênio hoje é totalmente dependente dos combustíveis fósseis, o que gera grandes emissões de CO₂ e problemas ambientais associados a essas emissões.

RQI: Que importância tem o hidrogênio como fonte energética?

Mariana Souza: O hidrogênio produzido atualmente é utilizado principalmente na indústria química/petroquímica, para a produção de amônia, metanol e em processos de hidrotreatamento e hidrocrackeamento em refinarias. O uso do hidrogênio como fonte energética ainda é muito pequeno, seja em motores/turbinas ou em células a combustível. O seu uso em células a combustível para geração de energia elétrica vem crescendo mundialmente, e existem diversas aplicações em fontes estacionárias e fontes móveis.

A utilização do hidrogênio para geração distribuída de energia permite descentralizar o mercado de energia elétrica, dar maior confiabilidade e flexibilidade ao sistema elétrico nacional, reduzindo assim riscos de racionamento/apagão, além de permitir expansão do sistema para regiões mais remotas.

Por outro lado, a substituição dos motores de combustão interna dos veículos por células a combustível permite maior eficiência na conversão

de energia, menores emissões poluentes, e também maior confiabilidade e segurança.

RQI: *Quais são os entraves que limitam atualmente a participação do hidrogênio na matriz energética mundial?*

Mariana Souza: Existem barreiras técnicas e econômicas a serem vencidas para a implementação da chamada “economia do hidrogênio”, que engloba os sistemas de produção, armazenamento, transporte, distribuição e uso do hidrogênio energético. As barreiras técnicas estão relacionadas ao desenvolvimento de sistemas de produção de hidrogênio de forma descentralizada, como reformadores compactos, eletrolisadores mais eficientes, gaseificadores de pequeno porte para biomassa, além de sistemas para transporte e armazenamento do hidrogênio, como os hidretos metálicos e nanoestruturas de carbono. Os custos ainda representam o principal entrave para uma maior participação do hidrogênio na matriz energética mundial; por exemplo, o kW gerado por uma termelétrica a gás ainda é 3 a 4 vezes mais barato que o kW gerado por uma célula a combustível alimentada com hidrogênio. Para que as barreiras técnicas possam ser vencidas, e assim os custos reduzidos, é fundamental a atuação conjunta de entidades governamentais e empresas

privadas para o desenvolvimento da economia do hidrogênio.

RQI: *Que avanços tecnológicos são esperados para os próximos anos para viabilizar a produção de hidrogênio em grande escala?*

Mariana Souza: A produção de hidrogênio em grande escala já é uma realidade no Brasil e no mundo, mas baseada em combustíveis fósseis, então eu poderia sugerir uma mudança da pergunta para “Que avanços tecnológicos são esperados para os próximos anos para viabilizar a produção de hidrogênio de forma sustentável?” Para que o hidrogênio possa ser produzido de forma sustentável, sem depender dos combustíveis fósseis, um longo caminho ainda tem que ser percorrido no sentido de desenvolvimento de sistemas eletrolíticos mais eficientes, baseados no uso de energia solar ou eólica, processos biológicos e de aproveitamento de biomassa, por gaseificação ou reforma de derivados provenientes de biomassa. Os processos eletrolíticos já existem em escala comercial, mas como o consumo de energia elétrica é muito grande o desafio é o aproveitamento de energia solar ou eólica como forma de dar maior flexibilidade ao processo. Já os processos biológicos e de aproveitamento de biomassa estão ainda em escala piloto ou pré-industrial, sendo que avanços

Grupo de pesquisa de Mariana Souza no Labtech na EQ-UFRJ



no cultivo de microalgas e bactérias fermentativas, meios de cultura e sistemas reacionais são esperados para os processos biológicos, e o desenvolvimento de gaseificadores e reformadores compactos, catalisadores e condições de operação para os processos de aproveitamento de biomassa também tem apresentado grandes avanços recentemente.

RQI: *Considera o hidrogênio um dos combustíveis do futuro?*

Mariana Souza: Sem dúvida. Em primeiro lugar por sua disponibilidade, pois pode ser obtido a partir de diferentes matérias-primas e diferentes processos de produção, o que lhe dá uma flexibilidade de produção extraordinária. Em segundo lugar vem suas características em relação à sustentabilidade, pois pode ser obtido a partir de fontes renováveis, como a biomassa, reduzindo os impactos ambientais associados. Em terceiro lugar, o hidrogênio não é tóxico e nem poluente, no caso de um vazamento há uma rápida dispersão no ar. Além disso, o hidrogênio, uma vez utilizado como combustível em células a combustível, proporcionará uma verdadeira mudança em nossos paradigmas energéticos, com geração descentralizada de energia e maior independência em relação aos combustíveis fósseis e grandes centrais elétricas.

RQI: *Como o Brasil se destaca no âmbito mundial das pesquisas de geração de hidrogênio?*

Mariana Souza: O Brasil tem recursos naturais renováveis abundantes e uma matriz energética com elevada participação de fontes renováveis; com isso, o país tem condições propícias para o desenvolvimento de tecnologias para o hidrogênio baseadas em fontes sustentáveis, principalmente a biomassa.

A produção de hidrogênio a partir de derivados de biomassa, como etanol ou glicerol, pode colocar o Brasil numa posição privilegiada em relação a outros países. Existem hoje no Brasil dezenas de grupos de pesquisa em universidades e institutos de pesquisa, muitas vezes com apoio de grandes empresas, estudando a geração de hidrogênio a partir dessas fontes.

Quanto às ações governamentais, o MCTI lançou em 2004 o PROH2- Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio, cujo objetivo era a estruturação de redes cooperativas de pesquisa nas áreas de produção de hidrogênio e células a combustível, com investimentos em infraestrutura laboratorial e formação de recursos humanos. Porém, apesar dos esforços já realizados, ainda é necessário aumentar significativamente os investimentos, melhorar a integração das atividades dos grupos de pesquisa envolvidos com o setor produtivo, e principalmente buscar a continuidade dos trabalhos, já que o Programa não manteve a estruturação das redes de pesquisa que haviam sido fomentadas. Estudo do CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) de 2010 mostrou que o total de investimentos

Unidade de produção de hidrogênio da Galp Energia



**Laboratório de
tecnologia de hidrogênio
(Labtech) da EQ-UFRJ**



do hidrogênio no Brasil, de 1999 a 2007, correspondeu a 25-30 % dos investimentos realizados individualmente pela Rússia, China ou Índia, e a apenas 3-5 % dos investimentos realizados por EUA, Japão ou União Europeia. Isso mostra o quanto ainda temos que caminhar rumo a inserção do Brasil no cenário internacional da economia do hidrogênio.

RQI: O que gostaria de deixar como mensagem final?

Mariana Souza: O panorama brasileiro é altamente favorável ao desenvolvimento das tecnologias de produção de hidrogênio de forma sustentável, com destaque para a utilização de energia solar e eólica em eletrolisadores, e, principalmente, o aproveitamento de biomassas. O desenvolvimento de processos de reforma de etanol, glicerol ou bio-óleos para geração de hidrogênio pode levar o Brasil a uma posição de destaque no cenário internacional, mas para isso são necessários maiores investimentos do setor público e privado e também maiores incentivos governamentais tanto aos grupos de pesquisa quanto ao setor produtivo relacionado a cadeia de produção de hidrogênio

RQI -2º trimestre 2014

NOTAS DO EDITOR:

1 - Os currículos Lattes dos entrevistados podem ser obtidos acessando os seguintes links:

- <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?metodo=apresentar&id=K4761434Z9>
- <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?metodo=apresentar&id=K4784712E1>

2 - Eles podem ser contatados a partir dos seguintes endereços eletrônicos:

Mariana Souza: mmattos@eq.ufrj.br
(<http://www.labtech.eq.ufrj.br/>)

Marcelo Zaiat: zaiat@sc.usp.br

3 - O Ministério de Minas e Energia (MME) possui um programa nacional de incentivo ao uso de hidrogênio como fonte de energia.

Para maiores informações, consulte o "Roteiro para Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil/Versão Beta, 22/03/2005", disponível no endereço:
<http://www.mme.gov.br>.