



**POR MAURO BERNI**

Pesquisador das áreas de meio ambiente e energia do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), da Universidade de Campinas (Unicamp-SP)  
E-mail: mberni@unicamp.br

# HIDROGÊNIO VERDE EM PLANTAS DE CELULOSE

A biomassa é uma energia renovável derivada de matéria orgânica animal e vegetal, composta principalmente por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre em pequenas proporções.

As fontes de biomassa vegetal incluem vários materiais naturais e derivados, como árvores, resíduos de madeira, resíduos agrícolas e industriais, resíduos de papel, resíduos sólidos urbanos, serragem, biossólidos, grama, resíduos alimentares, resíduos animais, plantas aquáticas e algas etc.

A combustão direta da biomassa tem a vantagem, entre outras, de que o dióxido de carbono emitido é o mesmo que o absorvido pelas plantas durante seu crescimento e, portanto, a combustão da biomassa não aumenta a concentração de dióxido de carbono líquido na atmosfera. No entanto, existem potencialmente outras opções para converter essa biomassa em produtos de maior valor agregado.

Uma das mais importantes fontes potenciais de biomassa, devido ao seu grande excedente de energia, além do volume de produção concentrado em enclaves específicos, são as plantas de celulose, fornecedoras de matéria-prima para processos que poderiam produzir combustíveis renováveis para um sistema energético futuro.

Comparado a outras fontes de biomassa para a produção de produtos químicos, o licor negro tem a grande vantagem de já ser parcialmente processado e se apresentar na fase líquida e bombeável. A utilização de licor negro como matéria-prima para a produção de combustível teria a vantagem, entre outras, de que a logística da biomassa é bastante simplificada, pois a matéria-prima é gerada e tratada dentro das operações normais da planta de celulose.

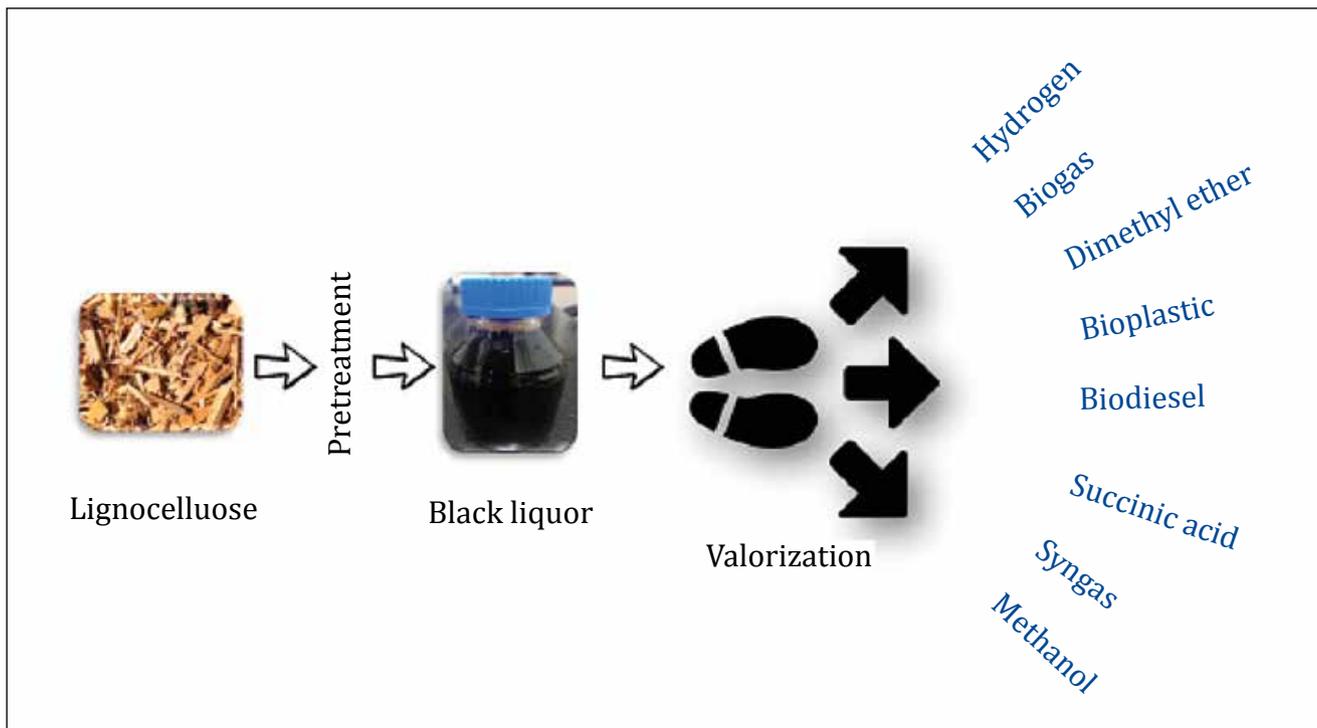
O óleo Diesel Fischer-Tropsch (FT), obtido a partir de biomassa por gaseificação, oferece um combustível de trans-

porte limpo e potencialmente neutro em carbono, diretamente utilizável hoje no setor de transporte. Além disso, o óleo Diesel FT pode ser adequado como fonte de hidrogênio verde para veículos com células de combustível.

O hidrogênio verde é frequentemente apontado como o combustível do futuro. A única emissão da combustão do hidrogênio é a água (Eriksson e Harvey, 2004). Com o desenvolvimento das células de combustível, o hidrogênio verde será amplamente utilizado como combustível de transporte, ou em unidades estacionárias de energia térmica e energia elétrica diretamente para indústrias energo-intensivas. Observe que o licor negro também possui em sua composição uma mistura de eletrólitos (NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sais orgânicos de sódio etc.), na qual a eletrólise pode ser usada para separar seus componentes e obter hidrogênio.

Na atualidade, o principal entrave na exploração comercial da eletrólise da água para a produção de hidrogênio em larga escala é o grande consumo de energia elétrica que ela requer, o que torna o processo economicamente pouco atrativo. Durante a eletrólise do licor negro, apenas um produto gasoso, o hidrogênio, é produzido. Portanto, não é necessário instalar um diafragma ou membrana entre o cátodo e o ânodo para evitar a mistura de gases, como no caso da eletrólise da água. Isso não apenas simplifica o projeto do eletrolisador, mas também reduz a resistência ôhmica (Kreuter e Hofmann, 1996). Por outro lado, a lignina separada no ânodo é um produto valioso por si só, que possui alto poder calorífico, podendo ser utilizado como combustível ou em outras aplicações industriais. Isso potencializa a produção com mais energia útil, gerando economia do processo.

Este processo pode abrir uma rota viável para o processamento de licor negro em pequenas fábricas de papel, onde o



**Figura 1. Bioconversão de Licor Negro em Hidrogênio Verde e outros químicos**  
**Fonte: Morya R. et al., 2022**

processo convencional de recuperação de produtos químicos do licor negro não é possível, ou em plantas que utilizam materiais fibrosos (não madeira), que apresentam uma relação desfavorável entre orgânicos e sólidos inorgânicos. Com este tratamento alternativo, o impacto ambiental da fábrica seria minimizado (Blanco *et al.*, 1996).

A indústria à base de polissacarídeos vegetais utiliza principalmente a fração celulósica como matéria-prima e licor negro rico em carbono descartado como resíduo ou queimado para recuperação de energia. Morya *et al.*, (2022) destaca os recentes avanços na valorização biológica e química do licor negro em combustíveis e produtos químicos. Os autores ilustram os esforços para a bioconversão do licor negro em hidrogênio, bioplástico, biohidrogênio, biogás, e produtos químicos (Figura 1).

Ao produzir vários produtos, uma planta de celulose contempla o conceito de biorrefinaria e maximiza o valor de biomassa. Uma biorrefinaria pode produzir um ou mais produtos químicos de alto valor e baixo volume, juntamente com um combustível de transporte de baixo valor e alto volume,

enquanto gera eletricidade e calor de processo para seu próprio uso e/ou exportação. ■

#### Referências:

- Blanco M. A., Negro C., Tijero J., De Jong A. C. M. P., Schmal D. *Electrochemical Treatment of Black Liquor from Straw Pulping*. Separation Science and Technology 31[19], p. 2705-2712. 1996.
- Eriksson H., Harvey S. *Black liquor gasification – consequences for both industry and society*. Energy 29[4]. 2004.
- Kreuter W., Hofmann H., *Electrolysis – the important energy transformer in a world of sustainable energy*. International Journal of Hydrogen Energy 23[8], 661-666. 1998.
- Morya R. *et al.*, Recent advances in black liquor valorization, *Bioresource Technology*, 350 (2022), 126916. Disponível: journal homepage: [www.elsevier.com/locate/biortech](http://www.elsevier.com/locate/biortech), <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126916>. Acesso em: 26 ago 2022.