

# O papel da bioenergia nos cenários energéticos do futuro

Autor: Pietro Salatino - Professor Catedrático de Unidades Químicas - Universidade de Nápoles "Federico II"

Artigo publicado em CPMC (*Cuoio Pelli Materie Concianti*) 3/2022

Acontecimentos recentes relacionados com a instabilidade política internacional e o conflito Rússia-Ucrânia evidenciaram dramaticamente a fragilidade de um sistema energético nacional que não é adequadamente diversificado em termos de tipos de fontes de energia e suas respectivas origens. Em particular, a percepção de que operar no mercado global de commodities energéticas pode compensar a incerteza de um sistema energético caracterizado por uma penetração crescente de fontes de energia renováveis não programáveis (eólica, fotovoltaica) na ausência de fontes de abastecimento nacional. A utilização do vetor elétrico associado a fontes de energia renováveis não programáveis, como a eólica e a fotovoltaica, cumpriria integralmente os objetivos de descarbonização e recuperou largamente a diferença de custos face às fontes de energia fóssil. No entanto, isto requer uma infraestrutura de armazenamento de energia adequada para compensar a incerteza das fontes. Além disso, levanta preocupações sobre a necessidade substancial de Matérias-Primas Críticas (CRM – *Critical Raw Materials*, como lítio, cobalto, terras raras e outras) que são intrinsecamente não renováveis, caracterizadas por reservas limitadas e cujo fornecimento está potencialmente sujeito a geopolítica e concorrência em mercados internacionais. A perspectiva de passar de uma economia com restrição de carbono para uma economia com restrição de fontes de energia exige avaliações ponderadas, especialmente em países fortemente dependentes do exterior na aquisição destas fontes de, como a Itália.

Há dois outros fatores a serem levados em consideração. **O fator tempo:** todas as soluções para a descarbonização requerem tempos que não são facilmente previsíveis, ligados à infraestrutura dos sistemas energéticos descarbonizados e à implantação definitiva das novas soluções tecnológicas. **O fator de escala:** todas as experiências desenvolvidas até agora se referem a níveis de penetração das renováveis ainda relativamente baixos. O desafio do *terawatt* está no horizonte! A ampla substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis, a ponto de cobrir majoritariamente – se não exclusivamente – os quase 20 *terawatts* das atuais necessidades energéticas de nosso planeta.

É difícil prever quais seriam as implicações de uma mudança de escala tão substancial em termos de tecnologia, regulamentação, impacto nos sistemas socioeconômicos e sustentabilidade global. A situação é bem resumida por Fatih Birol, Diretor Executivo da Agência Internacional de Energia, na introdução do recente relatório *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions – World Energy Outlook Special Report, IEA* – maio de 2021: “... Os planos atuais de fornecimento e investimento para muitos minerais essenciais ficam muito aquém do que é necessário para apoiar uma implantação acelerada de painéis solares, turbinas eólicas e veículos elétricos.... A alta concentração geográfica, os longos prazos para colocar a nova produção mineral em operação, o declínio da qualidade dos recursos em algumas áreas e vários impactos ambientais e sociais levantam preocupações sobre suprimentos confiáveis e

*sustentáveis de minerais para apoiar a transição energética...".* Estas considerações, e as incertezas que delas decorrem, por um lado devem estimular uma rápida definição de orientações políticas, por outro, sugerem a movimentação num espectro diversificado de trajetórias tecnológicas que contemplem também soluções "ponte" capazes de assegurar a rápida moderação das emissões que alteram o clima: economia e eficiência energética, transição para combustíveis de baixo carbono, uso de tecnologias NET (Negative Emission Technologies).

Os cenários são, evidentemente, complexos e incertos, e sugerem a passagem para um sistema energético mais resiliente, que contemple a diversificação das fontes primárias de energia e a criação de um sistema *multicommodity* baseado em redes de vetores energéticos diferenciados (energia elétrica, térmica, hidrogênio, gás natural e de síntese, biocombustíveis) interligados, geridos com vista ao acoplamento setorial para otimizar dinamicamente a resposta às necessidades energéticas.

Neste quadro geral, a utilização da bioenergia pode assumir um papel primordial na promoção de uma descarbonização "sustentável" do sistema energético. Quais as vantagens? A energia da biomassa é uma fonte primária de energia renovável não aleatória que está bem distribuída pelos territórios. Pode ser efetivamente inserida em lógicas de uso "em cascata" onde a geração de energia representa a fase final dos processos de transformação que visam a obtenção preliminar de *platform chemicals* e de produtos de alto valor agregado. A valorização da biomassa depende muito menos do acesso a Matérias-Primas Críticas do que outras fontes de energia renovável. Além disso, a valorização da biomassa, em sentido lato, enquadra-se facilmente em esquemas e processos de economia circular, uma vez que permite a valorização dos resíduos orgânicos e subprodutos. Por último, importa sublinhar que a valorização da biomassa, implementada nas variantes BECCS (*Bioenergy with carbon capture and storage* = Bioenergia com captura e armazenamento de carbono) ou BECCSU (*Bioenergy with carbon capture and utilization* = Bioenergia com captura e utilização de carbono), é capaz de implementar um dos esquemas de emissões negativas de carbono mais confiáveis (*Negative Emission Technologies*, NET) atualmente concebíveis. O pressuposto comum a esses objetivos é o uso de biomassa não comestível/não alimentar, ou seja, que não esteja em competição com a produção para a nutrição humana e a produção animal. Além disso, é necessário respeitar os critérios de baixo-ILUC que visam evitar possíveis desequilíbrios no balanço global de Carbono determinados pela alteração da utilização das terras agrícolas. Mas temos biomassa disponível suficiente para sustentar essa perspectiva? Estimar a disponibilidade global de biomassa "sustentável" não é fácil, mas uma multiplicidade de estudos credenciados, incluindo as estimativas do *International Panel on Climate Change* (Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas) e *International Energy Agency* (Agência Internacional de Energia), indicam que o setor de bioenergia poderia garantir, em médio prazo, a disponibilidade da ordem de 200 exajoules/ano (equivalente a cerca de 5.000 milhões equivalentes em toneladas de petróleo) de biomassa sustentável, correspondendo a cerca de um terço das necessidades globais de energia. Esta perspectiva de emprego poderia favorecer os chamados setores *hard-to-abate* e o setor dos transportes (especialmente o setor dos veículos pesados e os setores marítimo e aeronáutico), que hoje corresponde a pouco menos de um terço da demanda mundial de energia.

O principal caminho para a valorização eficiente da biomassa é a utilização em "cadeia longa". A utilização da biomassa em cadeia longa passa pela superação de uma lógica de valorização final em centrais distribuídas pelos territórios. Por outro lado, conta com plataformas tecnológicas e logísticas integradas para a produção distribuída de intermediários biogênicos, os chamados *biofeedstocks*, que são posteriormente transformados em produtos finais, bioquímicos ou biocombustíveis, em usinas de grande porte: as biorrefinarias. **Quais as vantagens?** Economias de escala, flexibilidade no que diz respeito à variabilidade sazonal das necessidades, melhor implementação das lógicas de utilização em cascata da biomassa e dos princípios da economia circular e da simbiose industrial, alongamento da cadeia de valor para apoiar as economias rurais e os operadores distribuídos pelos territórios. A visão de médio prazo é criar um verdadeiro *bio-hub*, um sistema de troca e comercialização de diferentes tipos de *biofeedstock* potencialmente disponíveis, com propriedades padronizadas, para serem utilizados como novas *commodities* sustentáveis, um novo "petróleo verde" para ser usado como um ponto de partida para a produção de bens e de energia verde.

O panorama tecnológico oferece diversos caminhos na cadeia produtiva para a valorização da biomassa. As biomassas oleosas são valorizadas pela extração e filtragem de óleos da biomassa bruta. Os óleos são posteriormente convertidos em *Fatty Acid Methyl Ester* (Éster Metílico de Ácido Graxo - FAME) por meio de processos de transesterificação e purificação. Alternativamente, os lipídios são convertidos em *Hydrogenated Vegetable Oils* (Óleos Vegetais Hidrogenados - HVO) por meio de processos de hidrogenação e isomerização. Esses processos também se aplicam a *Used Cooking Oils* (Óleos de Cozinha Usados - OAU), gorduras animais e lipídios de culturas de algas. A cadeia de hidrólise/sacarificação/fermentação passa pelo pré-tratamento físico ou químico-físico da biomassa lignocelulósica seguido pela hidrólise enzimática da celulose e da hemicelulose com produção de açúcares. Um subproduto potencialmente valioso é a lignina. Os açúcares são posteriormente fermentados em etanol ou butanol usando leveduras ou bactérias. Seguem-se as fases de separação/concentração do etanol e do butanol com base em processos de destilação, separação por membrana ou peneiras moleculares. Alternativamente, os açúcares podem ser fermentados por meio de leveduras oleaginosas, das quais os lipídeos são recuperados por extração com solventes dos produtos da centrifugação e ruptura celular da biomassa produzida. Os lipídios são posteriormente convertidos em biocombustíveis através dos processos de transesterificação ou hidrogenação/isomerização já considerados na cadeia dos oleocombustíveis. A digestão anaeróbica é um processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio livre e resulta na transformação da matéria-prima orgânica em uma mistura de gases (biogás) cujos principais constituintes são o metano e o dióxido de carbono. A digestão anaeróbica é promovida por vários consórcios microbianos interativos: bactérias hidrolíticas, acidogênicas, acetogênicas e metanogênicas, que cooperam ao longo da cadeia trófica anaeróbica para produzir CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>. O componente predominante da mistura é geralmente o metano, que pode constituir até 70% em volume do biogás. A biomassa com alto teor de água pode ser explorada ao longo da cadeia de liquefação hidrotérmica, que consiste na decomposição da biomassa na fase condensada a temperaturas entre 250 e 400°C e pressões entre 5-25 MPa. Nestas condições, os constituintes orgânicos da biomassa (carboidratos, lipídios, proteínas) são convertidos

em um líquido orgânico, o *biocrude*, com alta densidade energética que pode ser posteriormente refinado e integrado em rotas petroquímicas tradicionais. De grande interesse é a cadeia de valorização baseada na pirólise, que consiste na decomposição térmica controlada da biomassa para produzir produtos orgânicos líquidos (bio-óleo), gasosos (syngas) e sólidos (bio-carvão). Os rendimentos do bio-óleo são maximizados pela condução da pirólise a temperaturas moderadas (500°C) com tempos curtos de residência da fase gasosa (cerca de 1s). O óleo de pirólise é subsequentemente tratado por via hidrogenativa ou por craqueamento catalítico usando catalisadores baseados em zeólitos ou FCC. As tendências mais recentes visam desenvolver processos de pirólise "fracionada", visando a obtenção seletiva de açúcares/oligossacarídeos pirolíticos e compostos aromáticos para serem explorados como *biofeedstocks* distintos. Os processos de gaseificação convertem biomassa seca em syngas (gás de síntese) - uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono - normalmente em alta temperatura e pressão. O syngas (gás de síntese), purificado de contaminantes e condicionado através da *Water Gas Shift Reaction* (Reação de Mudança de Gás de Água - WGSR) para estabelecer a proporção correta de Hidrogênio/Carbono, pode ser convertido por catalisadores Fischer-Tropsch em uma mistura de hidrocarbonetos, a serem destinados para processos de refino padrão da indústria de petróleo. Alternativamente, o syngas (gás de síntese) pode ser convertido com CO<sub>2</sub> cataliticamente para produzir metanol. Desenvolvimentos recentes também demonstraram o grande potencial de processos termoquímicos/biotecnológicos híbridos baseados no uso de microrganismos anaeróbicos para a conversão fermentativa do syngas (gás de síntese) purificado e condicionado, para atender às especificações do biocatalisador, em etanol ou butanol.

A evolução científica e tecnológica do setor é rápida e está contribuindo rapidamente para o alcance da maturidade tecnológica e da sustentabilidade econômica de muitas das soluções propostas. Mas a afirmação deste modelo exige que o desenvolvimento do conhecimento técnico-científico seja acompanhado da criação de modelos de *business*, de plataformas logísticas e comerciais, de novos contextos normativos e regulamentares que privilegiem a "mobilização" da biomassa, e que só poderá ser através da convergência de muitos assuntos guiados por uma clara orientação política. É opinião do escritor, mas não somente do escritor, que o setor da bioenergia pode representar, nesta perspectiva problemática, mas desafiadora, uma força para o nosso País, capaz de traçar uma "via italiana" rumo à transição ecológica e potencializar nosso patrimônio de recursos intelectuais e vocações industriais.