



GRUPO DE TRABALHO | TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Processo de Transição Energética: Energias Renováveis, Considerações Sociais e Econômicas

Coordenador | Alvaro Prata

Participantes | Edson Watanabe (UFRJ), Jaime Lozano (UFSC) e Julio Meneghini (USP)

Técnicos da ABC | Vitor Vieira (vwieira@abc.org.br) e Deborah Sant'Anna (deborah@abc.org.br)

Introdução

O Objetivo 7 dos [Objetivos de Desenvolvimento Sustentável \(ODS\)](#) aponta a necessidade de garantir acesso à **energia confiável, sustentável e moderna para todos**. A transição energética é essencial para alcançar este objetivo, sendo uma mudança crucial em como geramos e consumimos energia, impulsionada pelo imperativo global de combater as mudanças climáticas, enfrentar o esgotamento de recursos e melhorar a segurança energética.

Em sua essência, a transição energética envolve a passagem da dependência de combustíveis fósseis para a integração de uma proporção significativa de energia sustentável e renovável na matriz energética e o estabelecimento de um futuro mais sustentável e resiliente. Esta transição não só promete **reduzir nosso impacto ambiental**, mas também traz **implicações sociais e econômicas** significativas. Os esforços gerais para descarbonizar a produção de energia atualmente dependem do uso crescente de **fontes de energia de baixo carbono**, incluindo tanto **a energia nuclear** quanto **as energias renováveis**, em uma combinação que varia de um país para outro. Aqui, o foco é na contribuição das energias renováveis.

Embora os resultados da COP28 tenham ficado abaixo do esperado, os países se comprometeram a triplicar a capacidade de energia sustentável e renovável e dobrar a eficiência energética até 2030, afastando-se dos combustíveis fósseis nos sistemas energéticos. A energia renovável, abrangendo **fontes solar, eólica e hidrelétrica**, representa uma esperança em nossa busca por um futuro energético sustentável.

Ao contrário dos combustíveis fósseis finitos que contribuem substancialmente para as emissões de gases de efeito estufa, as fontes de energia renovável são caracterizadas por sua abundância e impacto ambiental reduzido durante a geração de eletricidade. Além

disso, a integração de tecnologias de captura e armazenamento de carbono com o uso restante de combustíveis fósseis é crucial para mitigar seu impacto ambiental durante a transição para um futuro totalmente renovável.

A utilização crescente de **hidrogênio, biocombustíveis e energia oceânica** introduz uma nova perspectiva ao cenário de energia renovável. O **hidrogênio**, com sua versatilidade e potencial de energia limpa, pode ser produzido por meio de vários métodos, incluindo eletrólise ou reformando gás natural com captura, utilização e armazenamento de carbono. Sua importância reside em sua capacidade de armazenar e transportar energia de forma eficiente, tornando-o inestimável para mitigar a variabilidade de fontes renováveis como energia eólica e solar. O hidrogênio também possui grande potencial para descarbonizar setores como transporte e indústria pesada. Em indústrias como a fabricação de aço, o hidrogênio pode substituir processos intensivos em carbono, resultando em reduções substanciais nas emissões de gases de efeito estufa. A amônia verde e a ureia verde para indústrias de fertilizantes podem nutrir práticas agrícolas.

Os **biocombustíveis**, derivados de materiais orgânicos como **culturas, algas e biomassa residual**, oferecem uma alternativa renovável e de baixo carbono aos combustíveis fósseis. Eles podem ser utilizados em motores de combustão interna existentes e desempenham um papel crucial na redução das emissões no setor de transporte. O **etanol e o biodiesel**, por exemplo, já são amplamente utilizados e adotados como meios para diminuir a pegada de carbono do setor de transporte.

As fontes de **energia oceânica**, incluindo a **energia das marés, das ondas e a energia térmica oceânica**, a longo prazo, poderiam aproveitar o poder dos oceanos do mundo para gerar eletricidade. Essas fontes têm a vantagem de serem altamente previsíveis, pois as marés e ondas oceânicas seguem padrões naturais. Ao contrário das energias das ondas e das marés, a energia térmica oceânica é razoavelmente constante. Embora o potencial energético dos oceanos seja enorme, ainda são necessários investimentos substanciais para produzir energia de forma competitiva. Investimentos internacionais em pesquisa básica e aplicada, juntamente com iniciativas públicas e privadas, poderiam antecipar usos lucrativos da energia oceânica.

A **energia nuclear** representa 10% da produção global de eletricidade e, dependendo do país, pode chegar a 70%. Devido à sua importância, para algumas nações ela pode ser vista legitimamente como um componente chave na transição dos combustíveis fósseis, desde que os resíduos nucleares sejam devidamente tratados.

Perspectivas sobre a transição energética incorporar hidrogênio, biocombustíveis e energia oceânica na transição energética é essencial para diversificar a matriz energética e alcançar um futuro mais sustentável e resiliente. Essas tecnologias complementam fontes renováveis tradicionais como solar, eólica e hidrelétrica, oferecendo soluções para armazenamento de energia, transporte e geração de energia de base.

Além disso, a transição energética pode promover a **independência energética**. As fontes de energia renovável são distribuídas de forma mais equitativa ao redor do globo em comparação com os combustíveis fósseis, que muitas vezes estão concentrados em regiões específicas. Esta **descentralização da produção de energia** ajuda a reduzir a dependência de alguns poucos países exportadores de energia, aumentando a **segurança energética** e reduzindo **tensões geopolíticas**.

Um benefício econômico importante da transição energética é a **criação de empregos**. O setor de energia renovável emergiu como uma fonte significativa de oportunidades de emprego, abrangendo desde a fabricação e instalação de sistemas de energia renovável até sua manutenção contínua, pesquisa e desenvolvimento. Essas oportunidades se estendem além das nações altamente industrializadas, contribuindo para as economias locais e promovendo o crescimento em regiões que mais precisam.

A transição para fontes de energia renovável também impulsiona **avanços tecnológicos**. À medida que governos e empresas investem em pesquisa e desenvolvimento, inovações em armazenamento de energia, eficiência e gestão de redes tornam-se mais prevalentes. Esses avanços tecnológicos não apenas beneficiam o setor energético, mas também têm impactos de longo alcance em várias indústrias e na sociedade.

Considerações sociais são primordiais na transição energética. É crucial garantir que todos tenham acesso à energia limpa e acessível, abordando a persistente questão da **pobreza energética** em muitas partes do mundo. A transição oferece uma oportunidade de **corrigir este desequilíbrio** e elevar as pessoas da pobreza; monitorar o consumo de energia *per capita em áreas urbanas e rurais* permitiria números precisos para seguir a diminuição do desequilíbrio. Ações de *advocacy* em relação à percepção social e pública são essenciais para fomentar uma aceitação e apoio generalizados para a transição. Trabalhar com legisladores também é necessário para garantir a licença para operar novas tecnologias, assegurando que os **marcos regulatórios** sejam propícios à **inovação e implantação**.

O **engajamento da comunidade** é outra dimensão crucial da transição. Projetos de energia renovável muitas vezes ocorrem em nível local, proporcionando às comunidades a chance de se envolverem ativamente e serem empoderadas. Projetos de energia renovável de propriedade comunitária permitem que os residentes tenham uma participação na produção de energia, compartilhem os benefícios e assumam o controle de seu futuro energético. Esses projetos não apenas proporcionam **benefícios econômicos**, mas também aumentam a **coesão social** e a **propriedade coletiva**, reforçando a base social da transição.

Uma transição justa é crítica no processo de transição energética. À medida que nos afastamos dos combustíveis fósseis, é essencial considerar o **bem-estar dos trabalhadores** na indústria de combustíveis fósseis. Uma transição imparcial envolve fornecer **suporte, requalificação e oportunidades de emprego alternativas** para

aqueles afetados pelo declínio das indústrias de combustíveis fósseis, garantindo que a transição seja equitativa para todos. A **justiça ambiental** é uma questão central na transição energética. Comunidades vulneráveis têm historicamente suportado o peso da poluição e degradação ambiental associadas à produção de combustíveis fósseis. A transição para energia renovável pode ajudar a corrigir essas injustiças ao reduzir a poluição e proteger as comunidades marginalizadas.

O setor de energia renovável tem o potencial de **estimular o crescimento econômico**. A criação direta de empregos é apenas uma faceta desse crescimento, pois a indústria também **estimula a demanda por materiais, equipamentos e serviços**. Além disso, a crescente acessibilidade das tecnologias de energia renovável contribui para aumentar os recursos financeiros disponíveis para indivíduos e empresas por meio da redução das despesas com energia, promovendo assim a **expansão econômica**.

Da mesma forma, a transição energética reduz a vulnerabilidade da economia à volatilidade dos preços e aos riscos da cadeia de suprimentos associados aos combustíveis fósseis. Ao diversificar a matriz energética, **a resiliência econômica** pode ser **aumentada**, reduzindo o impacto das flutuações do mercado energético global. A variabilidade de certas fontes de energia renovável, como a energia eólica e solar, depende das condições climáticas, que podem ser imprevisíveis. Isso apresenta várias oportunidades para o desenvolvimento de novas tecnologias em armazenamento de energia e infraestrutura de rede para garantir um fornecimento consistente de energia.

Obstáculos políticos e regulatórios precisam ser abordados para evitar dificultar a transição energética. Alguns governos podem **resistir à mudança** devido a interesses próprios na indústria de combustíveis fósseis ou à falta de compreensão dos benefícios das energias renováveis. Superar esses obstáculos requer uma **forte vontade política** e o desenvolvimento de **marcos regulatórios** de apoio. O aumento contínuo das emissões de gases de efeito estufa indica o sucesso limitado das abordagens anteriores e exige estratégias mais eficazes, que incluem abordagens baseadas no mercado em escala global e a crescente importância das **emissões negativas** por meio da captura, armazenamento e remoção de gases de efeito estufa da atmosfera.

A **aceitação social** é outro obstáculo. Embora muitas comunidades abracem projetos de energia renovável, outras podem resistir devido a preocupações com estética, ruído ou impactos percebidos nos **valores das propriedades**. A educação pública e o engajamento das partes interessadas são essenciais para abordar essas preocupações e ganhar o apoio da comunidade.

Desafios

O **carvão** é o combustível fóssil mais intensivo em carbono e ainda fornece pouco mais de **um terço** da geração global de eletricidade. À medida que o mundo se move em direção à eliminação do carvão do sistema energético, alternativas ao carvão na produção de ferro e

ação devem ser urgentemente buscadas, particularmente por meio do processo de **produção de coque**. A redução direta de ferro usando hidrogênio, o forno a arco elétrico usando eletricidade de fontes renováveis e a fabricação de aço baseada em hidrogênio usando a redução direta de hidrogênio são exemplos de tecnologias que podem ser empregadas para esse fim.

As **tecnologias de geração de energia renovável variável**, como solar e eólica, são as mais **dependentes de armazenamento eficiente**. Portanto, tecnologias de armazenamento de energia, como **baterias e hidrogênio sustentável e verde**, precisam ser mais desenvolvidas e ter seus custos reduzidos, para que a geração solar e eólica possa ser despachável. Vale também mencionar que a **energia geotérmica** tem um grande potencial e poderia representar uma fonte valiosa para a geração de eletricidade "sob demanda", para ser usada quando o vento não estiver soprando e o sol não estiver brilhando.

A necessidade de combustíveis de baixo e zero carbono para **alimentar fontes de transporte**, como aviação, navegação e transporte terrestre de mercadorias a longa distância por caminhões e trens, também deve ser abordada e representa uma oportunidade para o desenvolvimento de combustíveis sintéticos produzidos com energia **renovável**.

Considerações finais

Pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos em biocombustíveis, energias oceânicas, hidrogênio, energia solar, energia eólica, biomassa, energia geotérmica e outras fontes emergentes de energia renovável são essenciais para avançar na transição energética. Esses campos têm um potencial significativo para fornecer soluções energéticas sustentáveis e resilientes que podem substituir os combustíveis fósseis e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A contínua inovação e investimento nessas áreas são cruciais para alcançar um futuro energético mais limpo e sustentável.

Cada país deve priorizar seu **conjunto de vetores de energia renovável** e avaliar o **impacto cumulativo** de cada fonte. Dependendo dos recursos disponíveis, cada tecnologia pode resultar em uma pegada de carbono distinta. O engajamento ativo com **formuladores de políticas** e o **apoio ao desenvolvimento industrial** também são componentes chave desta jornada transformadora.

A transição energética é impulsionada pela necessidade de **enfrentar as mudanças climáticas**, melhorar a **segurança energética**, criar oportunidades econômicas e promover **justiça social e ambiental**. Embora existam desafios, os benefícios da transição energética superam em muito os obstáculos, oferecendo-nos um caminho para **um futuro sustentável e resiliente**. Esta transição não é apenas uma necessidade; é uma oportunidade para um mundo melhor para todos.