



Transição Energética no Brasil: Desafios e Oportunidades

Luiz Carlos Gabriel*

Em dezembro de 2015, cento e noventa e cinco países assinaram a 21ª Conferência das Partes (COP 21), conhecida como Acordo Climático de Paris, firmando assim uma posição multilateral em relação às ameaças das mudanças climáticas e emitindo um alerta sobre a capacidade dos países de lidar com os efeitos dessas mudanças. A COP 21 é passo fundamental na consolidação de uma economia global de baixo carbono. Sendo signatário deste acordo, o Brasil assumiu compromissos de reduzir efetivamente a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). De outro lado, no cenário da geopolítica de energia, o papel do líder Brasil em relação a estes desafios é determinante para destravar o acordo de livre comércio do bloco da União Europeia com o Mercosul.

Transição energética significa implementar mudanças estruturais na matriz energética, variando de um modelo com fontes fósseis, tais como óleo, carvão e gás natural,



para um modelo baseado em fontes primárias renováveis, como a hídrica, solar, eólica, biomassa, e a nuclear que não é renovável, mas é fonte limpa. Nesse sentido, além da diversificação das fontes da matriz energética, esta transição também se relaciona com o uso racional de recursos naturais, eficiência energética, resgate de

carbono, inovações dos processos industriais como automação, digitalização e soluções tecnológicas capazes de reduzir os impactos ambientais. Com relação ao meio ambiente, o Brasil tem perfil algo diferente do resto do mundo, em que os combustíveis fósseis são a principal causa das emissões de GEE. Aqui, além dos fósseis, também impactam a questão ambiental a exploração mineral, os desmatamentos e as queimadas ilegais para expansão da fronteira agropecuária.

Uma economia de baixo carbono, além de se basear na redução dos impactos de atividades econômicas sobre o meio ambiente, visa também à geração do desenvolvimento por meio de tecnologias, processos e formas inteligentes e de menor impacto ambiental. Diz respeito, também, à reflexão e análise sobre os efeitos do atual modelo de geração e consumo de energia no meio ambiente, na economia, na sociedade, bem como na relação com requisitos ambientais de acordos internacionais.

Eficiência, transição, transporte

As oportunidades de aproveitamento dos potenciais de eficiência energética estão em vários setores da vida nacional. Oportunidades aparecem em quase toda a cadeia de produção envolvendo transporte, indústria, serviços, agronegócio, setor elétrico etc. de modo a gerar melhor rendimento a menores custos de bens e serviço. Neste sentido, precisamos refletir sobre a eficiência energética de quase toda a cadeia de valor. Começando pelo produto industrializado brasileiro, que para ganhar em eficiência, competitividade e crescer na contribuição para a retomada do progresso econômico, precisa embutir menos energia, menos carbono e mais tecnologia de ponta.

Igualmente, cabe refletir sobre as oportunidades que podem ser criadas na transição energética em relação a tecnologias avançadas a fim de consolidar bases mais sofisticadas para o crescimento da economia, norteadas pelo desenvolvimento tecnológico e, deste modo, projetar um futuro que vá muito além da exportação de commodities. Por que esta reflexão é importante?

Vejam, quantos sacos de soja são necessários para importar um equipamento de ressonância magnética da Siemens? Quantos sacos de milho por um *smartphone* de última geração da Samsung? Quantas toneladas de minério de ferro, ou de carne de boi, por uma plataforma de exploração de petróleo? O Brasil costuma vender matéria-prima bruta, não processada e muitas vezes importá-la depois de industrializada. Isto naturalmente demanda um

estado permanente de alerta em relação ao equilíbrio da balança comercial, já que produtos processados têm maior valor agregado.

Pagamos royalties pelo direito de uso de itens inteligentes que não fabricamos aqui, apenas montamos sem participar da criação, e das tecnologias embutidas que viram uma caixa preta. Enfim, esta situação está na contramão do desenvolvimento. O Brasil é um dos países mais ricos do mundo em vida, sol, claridade, terras férteis, água, agropecuária, território, energia renovável e minerais estratégicos. Recursos que, juntamente com o desenvolvimento tecnológico, podem diminuir a dependência de importação de itens inteligentes, modernizar a indústria e tornar o País exportador também de industrializados com tecnologia de ponta, alto valor agregado e baixo carbono embutido.

Na indústria, as oportunidades se relacionam com a penetração de equipamentos mais eficientes, com pesquisas tecnológicas, com inovações dos processos industriais, automação, digitalização, inteligência artificial, gestão de energia, eficiência energética, Garantia de Qualidade Total (TQC), normas ISO série 9000 (qualidade), norma 14001 (gestão ambiental) e com o uso eficiente de energia elétrica.

O setor industrial consome cerca de 40% da energia elétrica do País, sendo que 70% da energia utilizada na indústria é consumida por motores elétricos. Portanto, é um item sensível que precisa ter o consumo de energia controlado. Entretanto, na contramão do uso eficiente de energia, mesmo em grandes indústrias, existem ainda em operação motores elétricos de 20/30 anos, de tecnologia ultrapassada, algumas vezes reenrolados e apresentando, lógico, baixíssimo rendimento (%). Na realidade, o emprego de motores antigos de baixo rendimento devoradores de energia, muitas vezes está mais para uma



Quanto maior o índice de rendimento, maior a eficiência do motor elétrico

questão conceitual/cultural do que financeira para substituí-los por motores de alto rendimento.

Na outra ponta, o Sistema Interligado Nacional (**SIN**), rede de transmissão de energia elétrica que abastece 98% do território brasileiro, tem que se virar para atender a um aumento de demanda, que em grande parte é desperdiçado em forma de calor pelos milhares de motores obsoletos de baixo rendimento em operação. Enquanto isto, o Brasil fabrica modernos motores elétricos de alto rendimento, como o IR5 *premium* com rotor de ímã permanente da WEG que chega a 97% de eficiência. É um ganho formidável de eficiência energética, característica própria de uma nova geração de motores de alta performance que cada vez mais diminuem as perdas internas.

Neste sentido, ao relacionar motores elétricos com eficiência energética, operacional e ambiental no transporte de cargas no Brasil, vemos que para destravar a logística, mitigar a emissão de carbono, melhorar o escoamento da produção de commodities e a competitividade, um caminho é consolidar um modelo multimodal de transporte com ênfase em ferrovias eletrificadas de longo curso, ligando as fontes de produção a portos modernos dotados de logística de ponta e receptivos a grandes calados. Para locomotivas diesel-elétricas, a potência é limitada ao tamanho do motor. Já a potência elétrica é limitada pelas saídas de rede, que é normalmente maior do que qualquer locomotiva precisaria. O resultado é maior aceleração e maior velocidade que resultam em desempenho mais elevado. Enfim, precisamos despertar de vez para a importância de operar alternativas mais eficientes e de baixo carbono no transporte de carga.

Uma destas alternativas é planejar ferrovias de longo curso com locomotivas de tração 100% elétrica ao invés do tradicional modelo diesel-elétrico. O rendimento de

motores elétricos de alto desempenho já chega a 97% contra 30% de motores do ciclo diesel. Só por esta razão, sem falar no aspecto ambiental, não se trata de opção planejar ferrovias eletrificadas de longo curso no Brasil, mas sim de missão.

O Capex (investimento de capital) é maior para ferrovias eletrificadas pelo modelo consolidado existente (rede aérea de tração alimentada por subestações ao longo do trecho), contudo o Opex (custo operacional) é muito menor na variável tempo e ferrovias têm longa vida útil. Saber usar esta vantagem é também uma forma de eficiência que muito bem se encaixa na transição energética.

Paralelamente, uma outra tecnologia de eletrificação ferroviária surge sinalizando vantagens operacionais e ambientais. Trata-se de locomotiva 100% elétrica movida a baterias recarregáveis através de fontes renováveis. A Vale, por exemplo, já opera uma locomotiva de manobra de pátio na Ferrovia Vitória-Minas 100% elétrica movida a baterias recarregadas por painéis solares.

A Vale está tocando o projeto PowerShift, que tem como meta substituir as locomotivas diesel-elétricas de maior potência, como as que tracionam vagões de minério de ferro por locomotivas movidas a bateria como medida de redução de emissão de carbono.



Locomotiva 100% elétrica da Vale, banco de baterias até 2,4 MWh. Operação 24 horas sem recarga.

Com relação ao transporte rodoviário, a substituição de veículos movidos a combustíveis fósseis por veículos elétricos tornou-se ponto de referência de descarbonização da matriz energética no mundo inteiro. Do mesmo modo em que há alternativas renováveis para a geração

de eletricidade, igualmente há alternativas renováveis no transporte, destacando-se os biocombustíveis, setor em que o Brasil é referência mundial. O etanol produzido da cana-de-açúcar é fonte renovável que, além de ajudar o País a reduzir as emissões de GEE, proporciona também uma economia circular ao aproveitar o bagaço, a palha e a ponta da cana para gerar energia elétrica. Por outro lado, pode até acontecer de o Brasil se atrasar no desenvolvimento do carro elétrico, não por incapacidade, mas devido a sua produção crescente de biocombustíveis. Principalmente o etanol, que é competitivo, verde e movimenta uma grande cadeia de valor. São poucos os países que podem se dar a este luxo de opção.

O etanol poderá ser também uma ponte de ligação com carros elétricos de uma outra forma. Já existe em protótipo tecnologia para produzir hidrogênio a partir do etanol. Assim, uma vez produzido, o hidrogênio pode ser utilizado como combustível em células a combustível (H), um reator eletroquímico que converte o hidrogênio produzido e o oxigênio do ar em eletricidade para carregar as baterias emitindo apenas vapor d'água. A Bosh e a Volkswagen por exemplo, já desenvolveram protótipo que transforma o etanol em hidrogênio, o combustível utilizado em células a combustíveis em automóveis. No Brasil, esta tecnologia poderia ser estendida para onde o etanol não tem entrado diretamente, como em caminhões, ônibus e embarcações.

O hidrogênio (verde) para alimentar célula a combustível e gerar eletricidade pode ser produzido também através da eletrólise. Este método emprega a corrente elétrica para separar o hidrogênio do oxigênio que existe na água. Esta corrente, porém, deve vir de fontes renováveis, justa-

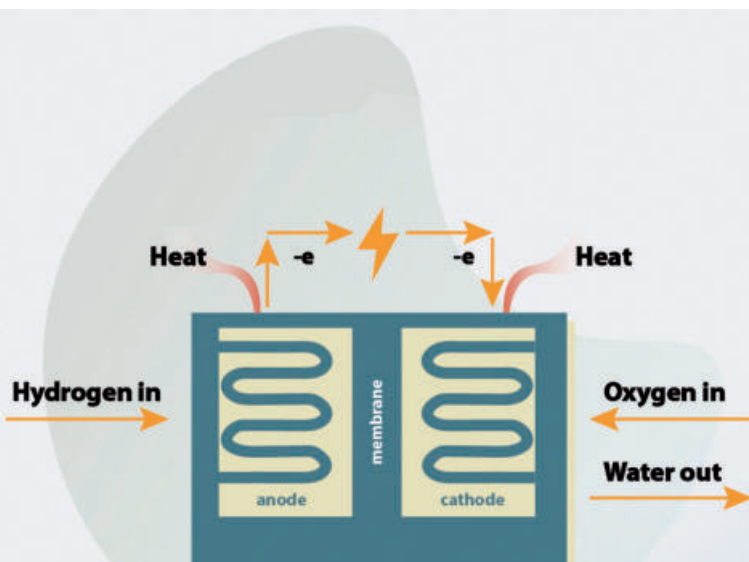
mente para que a energia produzida não emita CO₂ para a atmosfera. Caso contrário, é “trocar seis por meia dúzia”.

Finalmente, a opção por veículos não poluentes movidos a hidrogênio, bateria ou biocombustível é um movimento mundial vivo energizado por pressões sociais, ambientais, tecnológicas e econômicas. As montadoras terão que se reinventar, porque não é mais uma questão de opção comercializar veículos livres de emissão de CO₂, mas de sobrevivência.

Carbono

Consolidar formas de eficiência em toda a cadeia de produção é fundamental na transição energética conjuntamente com fontes de energia não poluentes, mudança de padrões de consumo e tecnologias de resgate de dióxido de carbono para que a energia seja utilizada da melhor forma possível, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável. Em paralelo, é uma oportunidade para o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como para projetar um futuro moderno e mais limpo com a maior participação de fontes renováveis, baixa emissão e meios de resgate do carbono emitido para a atmosfera.

Para incentivar o comprometimento com tecnologias mais limpas, é preciso consolidar um mecanismo por



Modelo Simplificado de Célula a Combustível (H)



meio do qual alguns setores da cadeia produtiva compensem as emissões de outros. Ou seja, enquanto uns ganham incentivos para plantar árvores e/ou operar meios de captura de GEE, outros pagarão para continuar emitindo GEE. Uma forma que se encaixa bem para imple-

mentar este mecanismo é desenvolver e regulamentar um mercado de carbono, como já existe em outras partes do mundo, notadamente na União Europeia e nos Estados Unidos. No Brasil existe um mercado voluntário não regulado, ligado a empresas pioneiras ou a projetos de fundo ambiental. Entretanto, há um projeto de lei (PL nº 528/21) que institui o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) e que visa regular a compra e venda de créditos de carbono. Neste sentido, há expectativas de que a efetivação/regulamentação de um mercado nacional de carbono venha nos ajudar com as oportunidades de crescimento que a transição energética e uma economia de baixo carbono podem oferecer ao País.

A criação de um mercado de carbono regulado vai obrigar empresas que não estão nem aí para a questão ambiental, a olhar melhor para as oportunidades, para os riscos que correm os seus negócios e para a sua própria sobrevivência. Quem emitir GEE vai pagar e quem ajudar a despoluir vai receber.

Este fundamento certamente vai contribuir para criar na cadeia produtiva do País uma cultura alinhada com a transição para uma economia limpa. Como consequência, acelerar este processo poderia ajudar o País na preparação para a Cop-26, a conferência ambiental da ONU agendada para novembro em Glasgow. Neste encontro, a discussão central será focada justamente em torno de mecanismos de troca entre os países para os direitos de emissão, estabelecidos no Acordo de Paris.

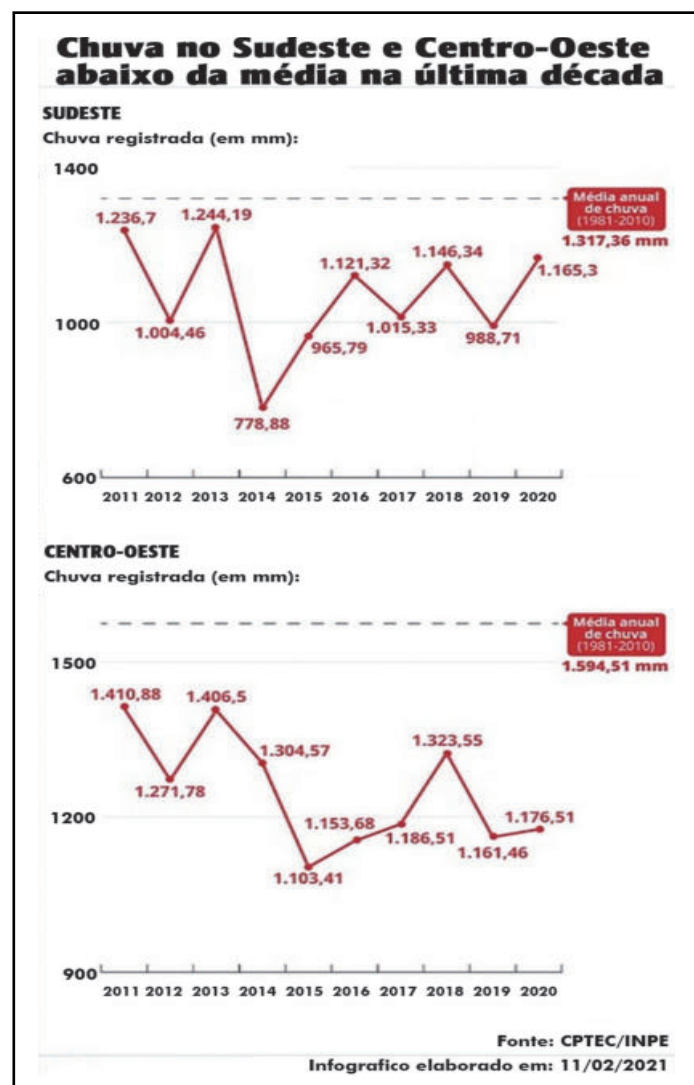
A retração econômica e a pandemia reduziram o consumo e postergaram a ruptura do ponto de desequilíbrio entre oferta e demanda de energia. Entretanto, um novo ciclo de alta de produção de commodities no Brasil em 2021, embora prejudicado pela estiagem, chega puxando as exportações do agronegócio, minerais, leilões de energia, portos e transformações digitais. Uma economia mais aquecida que demanda expansão da oferta de energia, preferencialmente com baixa emissão e/ou resgate do carbono emitido para a atmosfera. No entanto, esta demanda ocorre em meio a uma crise hídrica histórica que leva o País a ter que despachar mais usinas termoeletricas, na contramão da transição energética.

Hidroelétricas, termoeletricas, renováveis

Desde 2013/14 tem sido especialmente preocupante a baixa afluência nos reservatórios devido à diminuição do volume de chuva na cabeceira dos rios, bem como ao emprego de hidroelétricas a fio d'água que foi tornado obrigatório. Assim, não é mais permitido construir hidroelétricas com reservatórios de acumulação, aquelas que de

fato literalmente "seguram as pontas". Uma usina a fio d'água tem reservatório apenas para prover regularização de curto prazo, ou sequer tem reservatório, ou seja, aproveita o desnível natural do rio para girar as pás de uma turbina que aciona o gerador de eletricidade. No período seco pode até não gerar nada.

Os grandes blocos de energia renovável gerados pelas usinas hidroelétricas (as quais aliadas à regularidade e abundância de chuva, por muito tempo equilibraram o abastecimento e a segurança energética), com reservatórios de acumulação implantados nos anos 70/80, ficaram no passado. A realidade agora são menores índices de chuva e reservatórios com baixos volumes. O País não tem mais a capacidade de armazenamento de água suficiente para manter o equilíbrio entre estoque e demanda como antes. Isto tem afetado especialmente as regiões Sudeste e Centro-Oeste onde estão localizadas as hidroelétricas que geram mais da metade da energia elétrica no País. O volume de chuva nessas regiões ficou abaixo da média de todos os anos da última década e, pelo que parece, teremos uma reposição muito pequena do volume de água dos reservatórios nos próximos anos, indicando



que a estiagem prosseguirá firme como já se vê em 2021. Neste cenário, as novas fontes renováveis – biomassa, eólica e fotovoltaica – exercem papel relevante na complementação da geração de energia elétrica, isto é, podem contribuir de modo significativo para economizar água nos reservatórios e assim preservar a energia potencial armazenada nas hidroelétricas.

Complementar a geração de energia é função básica das novas renováveis, pois devido à intermitência que as caracterizam e por serem não-despacháveis, isto é, não são programáveis nem controláveis, não dá para utilizá-las nas demandas de ponta e nem na rede básica do SIN, que é papel da geração de energias “firmes” como as hidroelétricas e termoeletricas.

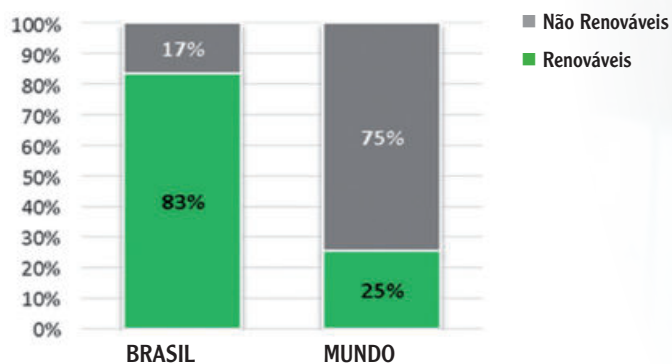
Entretanto, as hidroelétricas, a nossa principal fonte renovável, como vimos enfrentam o grave problema de baixa afluência nos seus reservatórios. Por outro lado, a geração termonuclear, que pode tanto complementar a geração como operar na rede base do SIN, ainda não tem usinas suficientes para cobrir a enorme quantidade de energia que tem deixado de ser gerada pelas hidroelétricas devido aos longos períodos de seca. Além de Angra I e II, seriam necessárias mais usinas nucleares, mais potência. Angra III tem previsão de conclusão para 2026, serão mais 1.400MW de potência ativa injetada nas linhas de transmissão de 500KV que vão fazer diferença, principalmente na Região Sudeste. Paralelamente, o Plano Nacional de Energia (PNE 2050), do Ministério das Minas e Energia, prevê mais 8/10GW gerados de usinas nucleares até 2050. Contudo, para a demanda de grandes blocos de energia no curto prazo, no momento não há outra solução que não seja a de garantir a geração firme através de usinas a carvão, óleo e gás, conscientes dos desdobramentos negativos resultantes como o aumento tarifário. Em novembro começa um novo período úmido que poderá amortecer a atual crise hidrológica.

Estão surgindo também outras fontes firmes e limpas de geração como célula a combustível a hidrogênio, como vimos, mas as expectativas de produção de grandes blocos de energia através destas novas fontes estão mais para um futuro ainda não completamente definido. Assim sendo, por

enquanto, a velocidade de implantação destas fontes é bem menor do que a necessidade do SIN no curto/médio prazo.

As termoeletricas, mesmo as que emitem GEE, dão segurança ao abastecimento e ainda vão continuar operando no SIN por um tempo. É possível mitigar as emissões destas fontes com o funcionamento de um mercado de carbono nacional, com a produção de biocombustíveis como o biodiesel e o etanol e com o crescimento de geração das novas renováveis (eólica, solar e biomassa), conservando assim mais água nos reservatórios e ficando a geração hídrica para atender as curvas de carga. Entretanto, é necessário compatibilizar o planejamento energético com os compromissos assumidos no Acordo de Paris, bem como com a descarbonização do SIN. Tarefas extremamente complicadas no momento devido à crise hidrológica e aos efeitos da pandemia.

Apesar de tudo, as características geográficas e climáticas do território brasileiro deixam o País numa condição privilegiada em relação ao resto do mundo e aos desafios da transição energética. Na matriz elétrica brasileira, mais de 80% da geração vem de fontes renováveis, incluindo a hídrica, com aproximadamente 63%. Uma grande vantagem muito acima das demais nações. Mas o País precisa também avançar em soluções para garantir a estabilidade do abastecimento dependendo cada vez menos de geração térmica que emita GEE, num processo de transição de melhoria contínua que inclua a geração termonuclear.



Finalmente, quem reduzir próximo a zero a participação de fontes fósseis na matriz energética, dominar as tecnologias de geração de energia elétrica por fontes renováveis/limpas e de eletrificação do setor de transporte e da indústria, certamente ocupará papel de liderança no processo de transição energética rumo a uma economia global de baixo carbono. ■

Engenheiro Eletricista, M.Sc. Integrante do Grupo de Interesse CTEMI do Clube Naval.

