



Perguntas *pouco frequentes*

A seguir, uma seleção de questões provocativas sobre energias renováveis

POR DIEGO VIANA

Tornar a matriz energética mais limpa não é um desafio simples. Algumas fontes que são mais limpas podem não ser seguras, outras que são seguras podem não ser renováveis, e as que são renováveis não necessariamente têm atributos de sustentabilidade. Ao calcular a melhor maneira de reduzir emissões e outros impactos, podem surgir dificuldades inesperadas, que sugerem perguntas novas. Veja a seguir uma seleção de questões delicadas sobre energias renováveis, mas que nem sempre são feitas:

BASTA SER RENOVÁVEL PARA CONTER ATRIBUTOS DE SUSTENTABILIDADE?

Não. Primeiramente, os dois termos trazem ideias diferentes. Toda energia cuja fonte não se exaure na geração (como as fósseis) pode ser dita renovável. “A maior parte das fontes renováveis está associada à energia solar”, afirma o pesquisador Sergio Pacca, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP). “Ela aquece as massas de ar e cria diferenças de pressão, que propiciam os ventos. A radiação solar aquece e evapora a água, que se condensa e proporciona a energia hidráulica. A energia solar também é capturada pelos vegetais, produzindo a biomassa.” Já o conceito de sustentabilidade é mais amplo e diz respeito ao impacto sobre o ambiente e as pessoas. Uma tecnologia com menor impacto ambiental pode ter maior impacto social e vice-versa, ou uma tecnologia com menor impacto ambiental por um motivo pode ter maior impacto ambiental por outro motivo.

Por exemplo, segundo o economista Thiago Fonseca, da Universidade Federal do ABC (UFABC), painéis solares oferecem energia limpa, mas alguns dos componentes de sua fabricação não são recicláveis e outros são minerais com alto custo de extração. Turbinas de energia eólica, por sua vez, estão associadas à morte de pássaros que se chocam com as pás. Este último problema tem sido enfrentado com mudanças na posição das pás em relação à torre e à direção do vento, diz Pacca. “Se uma ave de rapina pousar no topo da torre, ao sair não irá na direção das pás”, explica. Essa medida, no entanto, não protege os pássaros migratórios. Também estão sendo testados sistemas

de ultrassom para afastar morcegos e radares para detectar a chegada de pássaros, desligando a turbina antes da colisão. “Sempre existem impactos e a sociedade deve considerá-los, fazendo um balanço para eleger quais são os mais relevantes”, conclui.

Por ironia, às vezes o ganho de eficiência da energia renovável se traduz em uma poupança que é gasta em outras atividades ou produtos que geram emissões. É o chamado “efeito ricochete”: ao instalar painéis solares no telhado, uma família pode ter uma sobra de dinheiro para comprar um automóvel, aumentando, em vez de diminuir, sua pegada de carbono. “O efeito ricochete é um problema sério, mas gerar a própria energia aproxima a geração do consumo. Isso, do ponto de vista do comportamento do consumidor, é relevante, porque ele valoriza mais a energia: a associação com a disponibilidade dos recursos naturais é mais imediata. E pode até refletir sobre o efeito ricochete”, argumenta Pacca.

O impacto social de uma fonte energética também não deve ser subestimado: hidrelétricas com reservatório deslocam populações; usinas a fio d’água transformam modos de vida nas regiões onde são instaladas; o etanol necessita de vastas lavouras, onde o trabalhador rural nem sempre é tratado com dignidade, só para citar alguns impactos. O cálculo de todos os benefícios e custos é complexo. “O melhor a

fazer é conservar energia, ou seja, atender o mesmo serviço energético, mas com menos consumo de energia primária”, explica Pacca. Um exemplo oferecido pelo pesquisador é o da biomassa como fonte renovável de combustível líquido, substituindo combustíveis fósseis como o querosene de aviação. “É um vetor energético distinto. Hoje, a tecnologia do transporte aéreo ainda depende bastante do combustível líquido.”

fazer é conservar energia, ou seja, atender o mesmo serviço energético, mas com menos consumo de energia primária”, explica Pacca. Um exemplo oferecido pelo pesquisador é o da biomassa como fonte renovável de combustível líquido, substituindo combustíveis fósseis como o querosene de aviação. “É um vetor energético distinto. Hoje, a tecnologia do transporte aéreo ainda depende bastante do combustível líquido.”

Sempre existem impactos e a sociedade deve fazer um balanço para identificar quais são os mais relevantes

Enorme ganhos na conservação de energia podem ser obtidos com medidas simples

A SAÍDA ESTÁ SOMENTE NA VANGUARDA TECNOLÓGICA?

Embora o avanço tecnológico seja crucial e atraia a atenção, enormes ganhos podem ser conseguidos com medidas triviais e já conhecidas. Mais uma vez, diz Pacca, o segredo está na conservação da energia: obter o mesmo resultado com menos energia. Cidades como [Hamburgo](#), [Copenhague](#) e [Amsterdã](#) reduziram as emissões de CO₂ em cerca de 20% apenas com o incentivo ao transporte público, à bicicleta e aos percursos a pé. A capital dinamarquesa, por exemplo, ambiciona ser neutra em carbono até 2025. Outros ganhos podem resultar da legislação e de técnicas simples, como a exigência de espaços verdes nas cidades ou a ênfase em ventilação e insolação na arquitetura, reduzindo o uso de ar condicionado e iluminação artificial.

O comportamento individual também produz efeitos, incluindo atitudes aparentemente banais como desligar a luz de um ambiente ao deixá-lo. A redução do consumo de carne e derivados, como o couro, reduz a pegada energética de uma pessoa, já que a pecuária é responsável por emissão de metano e desmatamento. O uso de equipamentos mais eficientes energeticamente, como lâmpadas e eletrodomésticos, é recomendado. “Os impactos da produção de equipamentos eficientes são inferiores à energia que eles usam ao longo de sua vida útil”, diz Pacca.

POR QUE SÓ A ENERGIA HIDRELÉTRICA E A TERMELÉTRICA SÃO CONSIDERADAS FIRMES?

O conceito de energia firme designa o quanto de energia um sistema de geração consegue fornecer no período menos propi-

cio – o chamado “período crítico”. Para uma hidrelétrica, por exemplo, é o período de reservatórios mais baixos. Fontes energéticas com pouca variação sazonal contribuem para assegurar mais energia firme. Já fontes intermitentes ou dependentes de sazonalidade têm uma contribuição menor nesse quesito. Assim, a energia nuclear pode ser dita firme, bem como a de termelétricas, que só dependem da disponibilidade da matéria-prima. Hidrelétricas com reservatório são mais firmes que usinas a fio d’água. O etanol e a biomassa, embora sujeitos a variações de safra, são bastante firmes. Um problema associado a fontes como a solar e a eólica é a intermitência: se não ventar, as turbinas não produzem eletricidade. Se o tempo nublar, os painéis não geram tanta energia.

As melhores apostas para compensar a intermitência sem recorrer a fontes “suja” são a interligação e a estocagem. Em países com alta proporção de geração eólica e solar, como a Alemanha, onde o índice passa de 20%, o sistema elétrico nacionalmente integrado permite compensações entre regiões e entre fontes energéticas diferentes. A estocagem é a principal esperança: além do reservatório das hidrelétricas, que estoca o potencial hidrológico de gerar eletricidade, já chegaram ao mercado as primeiras baterias para armazenar a eletricidade de painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas. Para a geração doméstica, a empresa americana Tesla desenvolveu uma bateria com capacidade de 7 KWh, custando US\$ 3 mil. Estocagem em larga escala está sendo experimentada na Califórnia, na Alemanha e na China. As diversas iniciativas se reuniram em 2014 na [Aliança Global de Estocagem de Energia \(GESA\)](#).

NO BRASIL, DÁ PARA ATENDER À DEMANDA SEM NOVAS HIDRELÉTRICAS?

“Sem dúvida”, responde Pacca. O Brasil é um dos líderes mundiais em potencial eólico e solar, além de possuir vastas áreas agricultáveis para a produção de etanol ou biodiesel. O [Plano Decenal de Expansão de Energia \(PDE\)](#), que justificou a construção de usinas hidrelétricas como Belo Monte, Jirau e Santo Antônio, previa um crescimento acelerado do país nesta década. Esse crescimento exigiria um aumento da capacidade de fornecer energia de 4,6% ao ano. Não só o crescimento foi mais lento do que o esperado, como nos últimos anos o País experimentou uma queda acentuada do PIB, o que impactou a demanda por energia. Só em 2015, segundo o Ministério das Minas e Energia (MME), o consumo de energia elétrica no Brasil recuou 1,8%, com queda de 5% no setor industrial.

Além disso, argumenta Pacca, “a curva de aprendizagem da energia solar está fazendo os preços despencarem. Eles estão cada vez mais competitivos em relação às tecnologias tradicionais”. Em diversos estados americanos, em Dubai e no Chile, a energia solar já produz uma eletricidade mais barata que a das termelétricas. Os custos da energia eólica também estão caindo rapidamente, com tendência a cair ainda mais rápido à medida que se torne comum e tenha ganhos de escala. Somando esse potencial com uma boa integração do sistema e o incentivo à produção de pequena escala, o Brasil seria capaz de atender o crescimento da demanda só com energias limpas.

Com torres mais altas, o potencial de geração eólica é bem maior do que foi estimado pelo governo

O POTENCIAL EÓLICO DO BRASIL FOI SUBESTIMADO?

O potencial de geração de energia à base de vento é função, entre outras coisas, da altura que as turbinas podem atingir. “A tecnologia está mudando e as turbinas estão ficando cada vez mais altas. O vento é mais veloz em altitudes maiores e, portanto, gera mais energia”, conta Pacca. O [Atlas do Potencial Eólico Brasileiro](#), editado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobrás, foi lançado em 2001, contando com torres de até 50 metros. A estimativa da época era de um potencial de 143 GW/h. Já então o pesquisador Fernando Ramos Martins, hoje na Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), alertava que a estimativa era conservadora. “Os números foram calculados com os mesmos modelos de previsão de tempo e estudos climáticos. Como esses modelos são validados para locais específicos das diferentes regiões do País, esse potencial eólico era subavaliado”, afirma Martins.

Hoje existem torres com mais de 120 metros de altura e as estimativas situam-se entre 350 gigawatts (Ministério das Minas e Energia) e 500 gigawatts por hora ([Dewi: Instituto Alemão de Energia Eólica](#)) para o potencial eólico brasileiro. O Plano Decenal de Expansão de Energia do MME prevê uma capacidade instalada de 24 gigawatts por hora no Brasil em 2024, com expansão anual de 2 gigawatts por hora. Para Jens Molly, fundador do Dewi, a meta é tímida, considerando o potencial eólico brasileiro. Ainda há, também, problemas na distribuição da energia e na interligação com o sistema nacional. Quatro estados respondem por 83% da geração eólica no Brasil: Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e Rio Grande do Sul.

A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA É MESMO LIMPA?

Quando se fala em energia elétrica, a produção brasileira é considerada uma das mais renováveis e limpas do mundo, já que 64% da energia é gerada por hidrelétricas, com um

total de 75,5% em fontes renováveis ou de baixa emissão – embora haja controvérsias quanto a classificar a hidroeletricidade como fonte renovável e limpa, diante dos impactos socioambientais que causa e da escassez hídrica, cada vez mais frequente e intensa (*sai ba mais [aqui](#)*). Mas a eletricidade não é a única energia necessária para fazer a economia rodar. O transporte, por exemplo, gasta energia na forma de combustíveis. Para cozinhar ou aquecer a água, costuma-se usar gás. Tudo somado, o percentual de energia renovável cai para 41,8%.

Ainda assim, a matriz energética brasileira é mais limpa que a de outros países. No mundo como um todo, o índice é de apenas 13,5% e, nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), de 9,4%. A mistura de álcool na gasolina é um exemplo de como o País reduz a pegada de carbono, pois reduz o CO₂ lançado na atmosfera. A ausência de automóveis de passeio movidos a óleo diesel também faz com que a matriz energética seja menos poluente. A economia brasileira é 26% menos intensa em carbono que a europeia, 51% menos que a americana e 73% menos que a chinesa, segundo o Ministério de Minas Energia (MME).

O lado negativo é a ineficiência: os engarrafamentos das cidades pioram o desempenho do País, bem como a dependência das rodovias, sobretudo no transporte de cargas. Por isso, o óleo diesel corresponde a 44,4% do gasto energético no setor de transportes. A gasolina e o etanol, usados em carros de passeio, ficam respectivamente com 27,7% e 18,4%, enquanto o querosene de aviação aparece com 4,3%. Como muitas rodovias são esburacadas, obrigando caminhoneiros a frear e acelerar constantemente, o gasto de combustível também é maior do que o necessário.

HIDRELÉTRICAS A FIO D'ÁGUA VALEM A PENA?

A recente expansão das usinas hidrelétricas na Amazônia foi feita sem os reservatórios de antigos projetos como Itaipu, Xingó, Balbina e Sobradinho. São as usinas “a fio d’água”, que funcionam com o curso normal do rio. O projeto original da Usina de Belo Monte, no Rio Xingu, previa um lago de 1.225 km², quando ainda se chamava Kararaô, em 1989. Para conseguir o licenciamento ambiental, o lago foi reduzido para 516 km², boa parte incluindo a calha natural do Xingu. As usinas a fio d’água minoram o impacto ambiental específico dos lagos, mas ainda assim têm inconvenientes.

Como ocorre em Belo Monte, essas usinas deslocam os moradores da área de construção, abalam o modo de vida da região afetada, incluindo indígenas e ribeirinhos, desmatam para a própria construção e para a vila onde viverão os funcionários. Além disso, as usinas perturbam o potencial de transporte por hidrovias e, na ponta do lápis, produzem menos energia do que as usinas com reservatório. Por fim, sem armazenamento, o fornecimento de energia é irregular, sujeito à sazonalidade. “Do ponto de vista da redução do impacto, o fio d’água vale a pena, mas não do ponto de vista do estoque de energia”, sumariza Pacca. “Tudo depende do planejamento, com

a interligação do sistema, que permite a transferência de energia de uma região para outra”, conclui.

O exemplo do impacto de Belo Monte na Região Amazônica mostra que nem sempre a redução do lago basta para anular o impacto. Segundo reportagem no jornal *Valor Econômico*, o governo estuda retomar a construção de usinas com reservatório.

Projetadas a fio d’água, as usinas de São Luiz do Tapajós e Jatobá não receberam a licença ambiental do Ibama – por uma série de motivos. Belo Monte oferece um precedente pouco convidativo por causa do aumento de custos, da resistência de ribeirinhos e do envolvimento de empresas com a operação Lava Jato. Tudo somado, segundo Helena Palmquist, consul-

O fio d’água vale a pena, mas não sob o ponto de vista do estoque de energia

tora do Ministério Público Federal no Pará, o elemento determinante foi o alagamento da Terra Indígena do povo Munduruku. A Constituição veda a remoção de índios.

EMPRESAS GERADORAS DE ENERGIA SERÃO NECESSÁRIAS?

Não há novidade no fato de que painéis solares instalados nos telhados – e acoplados a baterias – representam ameaça séria às empresas do setor elétrico. A pergunta do momento, pelo menos em um isolado canto da Austrália, é se os consumidores com painéis no telhado vão simplesmente estocar energia ou optar por vender o que não usam aos vizinhos, tornando o comércio → *peer-to-peer* o “novo normal”.

A segunda opção é a aposta da Power Ledger, uma *start-up* de Western Australia que usa a tecnologia por trás da criptomoeda Bitcoin para tornar realidade o mercado *peer-to-peer* de energia.

Atualmente em Perth, a capital de 2 milhões de pessoas de Western Australia, as casas com painéis solares têm algumas opções: podem vender o excesso de energia que geram de volta à rede, estocá-la em baterias ou simplesmente não usá-la. Ao vender à rede, os donos de painéis solares recebem cerca de 6 centavos de dólar por quilowatt-hora, uma perda razoável em relação aos 25 centavos que pagam ao usar energia da rede.

Uma pesquisa recente feita pela Curtin University, em Perth, aponta que pagar a tarifa básica cobrada pela elétrica local vai se tornar mais caro do que investir em painéis solares com bateria para estocagem dentro de dois anos.

Mas a Power Ledger aposta que a opção de vender o excesso de energia para os vizinhos será ainda mais tentadora para os consumidores. Embora ainda inclua tarifa pelo uso da rede para transferir a energia, o comércio *peer-to-peer* garante que a maior parte do lucro da empresa elétrica seja dividido entre os vizinhos.

A novidade na abordagem da Power Ledger é a aplicação da tecnologia de *blockchain*, criada com o desenvolvimento da Bitcoin, nas transações entre vizinhos.

Blockchain é uma base de dados distribuída de todos os registros feitos em um sistema, que são armazenados em todos os computadores dentro de uma determinada rede. Com uma cópia da base de dados que se atualiza constantemente, os computadores da rede monitoram uns aos outros continuamente e cada nova transação é verificada por consenso pela maioria dos participantes na rede, o que evita a necessidade de controle por uma autoridade central. Uma vez inserida na *blockchain*, a informação não pode jamais ser apagada.

No caso do mercado *peer-to-peer* de energia, a tecnologia permite identificar, no momento da geração, a propriedade da energia, identificar compradores dispostos a pagar mais, criar contratos sofisticados, gerar faturas, saldá-las automaticamente quando a energia é transferida, e distribuir valores entre os participantes.

Segundo Jemma Green, presidente da Power Ledger, o uso de *blockchain* é vantajoso para todos os envolvidos. “As pessoas que tiveram condições de investir em painéis ganham, mas os consumidores que não investiram também se beneficiam, pois passam a ter acesso a energia limpa e renovável ao preço de ‘atacado’.”

Em países como a Austrália, painéis solares nos telhados já representam ameaça às empresas de energia

A tecnologia de *blockchain* permite transações de energia entre vizinhos

Com milhares de computadores espalhados ao redor do mundo competindo para autenticar “blocos” de transações e adicioná-los à “cadeia de blocos”, o uso de energia e a pegada de carbono da *blockchain* são imensos. Ciente do custo ambiental, a Power Ledger associou-se à EcoChain, uma *blockchain* privada que usa um método diferente (*proof-of-stake* em vez de *proof-of-work*) para alcançar consenso distribuído entre os computadores participantes da rede.

Tecnicalidades à parte, a Power Ledger está testando sua proposta em uma vila de aposentados em Busselton, ao sul de Perth, com cerca de 20 propriedades negociando energia por meio da nova plataforma. O público foi escolhido a dedo para mostrar “quão fácil” é usar o sistema, segundo Jemma Green. “É só se plugar. Se o sistema consegue achar um comprador a preço mais alto do que a elétrica paga, ele vende.” Outras rodadas de teste estão planejadas em Western Australia e na Nova Zelândia. Jemma Green diz que há interesse por parte de companhias brasileiras.

Além de muitos entusiastas, o projeto tem o apoio da empresa elétrica de Western Australia. Segundo Jemma Green, o modelo proposto oferece uma saída para a “espiral da morte” enfrentada pelo setor elétrico. Se a eletricidade é gerada, estocada e consumida nas casas – como no caso de painéis com bateria –, a rede fica totalmente inutilizada. “Mas, se usamos a rede como plataforma de negócios – pagando tarifa de acesso a cada transação –, sua utilização e seu valor se

mantêm”. Cerca de 23% das residências em Western Australia possuem painéis solares nos telhados. – por Flavia Pardini

OS BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL TÊM BALANÇO ENERGÉTICO POSITIVO?

O balanço energético mede a diferença entre a energia que um combustível oferece e o gasto energético necessário para obtê-lo. No cálculo, entra tanto o custo energético da cultura da planta, o que inclui fertilizantes, o combustível dos tratores etc., quanto o processamento da biomassa. Diferentes biocombustíveis têm diferentes balanços energéticos, assim como diferentes formas de cultivo. As metodologias de medição também variam muito, dando resultados com grande disparidade.

O melhor balanço energético de biocombustíveis é o do etanol de cana-de-açúcar, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com 9 unidades de energia produzidas para 1 unidade consumida. (Outras estimativas dão números menos brilhantes, entre 8 e 3,5 de ganho.) Vale lembrar que o etanol da cana se beneficia, no Brasil, dos avanços tecnológicos obtidos graças às décadas de uso em automóveis. O segundo melhor desempenho é o do dendê (óleo de palma), do qual a Região Norte tem um grande potencial de cultivo. A planta tem um balanço energético estimado em 5,6.

O melhor balanço energético de biocombustíveis é o de etanol de cana-de-açúcar

Relação direta entre membros de uma rede, sem passar por uma instância central

No caso brasileiro, diante das fontes renováveis disponíveis, não vale investir em nuclear para reduzir emissões

Nos EUA, pesquisadores como Tad Patzek, da Universidade do Texas, calcularam que o etanol produzido pelo milho e o girassol naquele país têm balanços energéticos negativos, respectivamente de 0,71 e 0,73. Isso significa que é preciso mais energia para gerar o combustível do que a energia que ele mesmo oferece. No Brasil, cálculos também da Embrapa atribuem ao biodiesel obtido do girassol um balanço energético positivo, mas não animador, de 1,87. Para a canola, o resultado é 2,9. Cálculos para o milho, no Brasil, ficam entre 1,4 e 0,76.

Segundo a Embrapa, o elemento mais determinante para o balanço energético positivo está na adubagem nitrogenada: quanto menos nitrogênio for necessário para o cultivo de uma planta, menos energia será gasta para obter energia dela.

Outro problema dos biocombustíveis é o impacto social: áreas que poderiam estar produzindo alimentos precisam ser convertidas, comprometendo a segurança alimentar. Existe também o impacto ambiental: na Malásia e na Indonésia, a exploração do óleo de palma (dendê) resultou em devastação de florestas.

NA LUTA CONTRA A MUDANÇA CLIMÁTICA, VALE APOSTAR NA ENERGIA NUCLEAR?

Em 2013, a revista *Scientific American* publicou uma reportagem provocadora, citando cientistas que argumentavam ser a energia nuclear “uma das poucas tecnologias que podem combater a mudança climática”. A ideia é contraintuitiva, já que acidentes

nucleares, como o de Fukushima, no Japão (2011), e o de Chernobyl, na Ucrânia (1986), têm impacto ambiental, social e econômico assustador. A reportagem se baseava na transformação de mais de 19 mil ogivas nucleares russas em combustível para usinas dos EUA. Neste país, 20% da matriz energética é nuclear e as ogivas reaproveitadas resultaram, segundo cálculos do cientista climático James Hansen, da Universidade Columbia, em 64 bilhões de metros cúbicos a menos de gases de efeito estufa lançados na atmosfera. Por esse prisma, a troca valeu a pena: material radioativo que seria usado para o mal acaba aproveitado para o bem.

Preocupações climáticas também estão na origem de atrasos no desmantelamento de usinas nucleares da Europa. França e Bélgica adiaram o desligamento de diversas centrais. Por outro lado, assim como as demais fontes de energia, a nuclear também tem seus impactos – além dos riscos –, o principal deles sendo a produção de lixo nuclear, cujo descarte é custoso.

Já o Brasil, com suas duas usinas de Angra dos Reis e a terceira em construção, deveria expandir a matriz nuclear? “No caso brasileiro, não tem vantagem, já que existem várias alternativas que não causam o mesmo impacto e não têm o mesmo risco”, diz Pacca. Além disso, segundo cálculos do Laboratório Nacional de Energia Renovável do governo americano (NREL), análises de ciclo de vida revelam que o impacto ambiental da construção das usinas e da mineração e do enriquecimento de urânio é semelhante ao de usinas eólicas e solares.

O relatório *Balanço Energético Nacional*, do MME, informa que, em 2015, o avanço de 77,1% da produção eólica no Brasil a fez ultrapassar a geração nuclear (*mais sobre energia nuclear na seção [Olha Isso!](#)*). 