

É preciso coordenar a produção eletricidade?

O Operador Nacional do Sistema (ONS) é uma instituição privada de alta capacitação técnica, sustentada pelas empresas do setor elétrico. Sua missão é equilibrar, a cada instante, a oferta e a demanda de energia elétrica em todos os pontos do Sistema Interligado Nacional (SIN). Em diversos países existem instituições com funções semelhantes. Algumas são proprietárias das linhas de transmissão e subestações em alta tensão que compõem o sistema; outras, como o ONS, apenas coordenam a atuação conjunta desses ativos com as usinas geradoras.

O SIN pode ser comparado a uma orquestra, formada por milhares de “músicos” — os agentes geradores e transmissores — e um “maestro”: o ONS. Para quem não conhece a arte de reger, o maestro pode parecer irrelevante. Da mesma forma, quem desconhece o funcionamento do setor elétrico tende a subestimar a importância de instituições como o ONS. Por isso, em alguns países foram realizados estudos para quantificar a real contribuição do “maestro” para o sucesso da “orquestra”.

No Brasil, o ONS desenvolveu, com consultoria da PSR (Power Systems Research), um estudo financiado pelo Banco Mundial para mensurar, de forma transparente, os benefícios que a coordenação centralizada do ONS gera para a sociedade. A metodologia compara dois cenários: o real, que representa a operação efetivamente conduzida pelo ONS, e o contrafactual, que simula o funcionamento do sistema sem coordenação centralizada. Essa análise permite isolar o mérito do operador, identificando ganhos de eficiência, segurança e uso otimizado dos recursos.

O estudo avaliou cinco atividades centrais da coordenação do ONS. Para cada uma delas, calculou a diferença entre o custo do cenário “sem ONS” (maior) e o custo do cenário “com ONS” (menor). A soma dessas diferenças resultou no chamado “valor do ONS”: R\$ 12,6 bilhões por ano. É uma quantia muitíssimo maior do que o orçamento anual da instituição.

Metade desse valor provém de apenas uma das cinco atividades: a coordenação da cascata de usinas hidrelétricas de uma bacia hidrográfica. Quando a usina A gera energia, aumenta a disponibilidade hídrica da usina B, localizada a jusante. Assim, a capacidade de produção de cada usina depende das decisões das que lhe ficam a montante. Isso não seria um problema se todas as usinas de uma cascata pertencessem a uma única empresa. Mas não é assim.

A interdependência operativa entre diferentes usinas de diferentes empresas é uma característica do SIN. Trata-se de um problema inexistente na maioria dos países que, em geral, produzem eletricidade queimando combustíveis fósseis.

O ONS tem a responsabilidade de definir quando e quanto cada usina deve gerar de forma a minimizar os custos para a sociedade. Discute-se a substituição desse processo decisório – modelo de otimização para minimizar o custo global – por um outro, chamado de “oferta de preços”, adotado na maioria dos países, em que cada dono de usina decide quando e quanto produzir. A discussão do tema não caberia nesse espaço. Porém, o estudo aqui descrito sugere que alguma coordenação na escala da bacia hidrográfica, de preferência feita pelas próprias usinas da bacia, deve sempre existir, mesmo que se adote a “oferta de preços”.



Canteiro de obras do Iter Tokamak, máquina experimental de fusão nuclear, na França. Cao Jing - T' dez.23/Xinhua

Fusão nuclear tem recorde de investimentos, e startups começam a olhar para a Bolsa

Investidores apostam em tecnologia que promete energia barata e abundante; alguns alertam para questão da viabilidade comercial

Ryohtaroh Satoh e Jamie Smyth

LONDRES E NOVA YORK | FINANCIAL TIMES As startups de fusão nuclear registraram um número recorde de rodadas de financiamento no ano passado e arrecadaram a maior soma desde 2021. Empresas de capital de risco (venture capital) participaram de 43 captações de recursos, de acordo com dados do grupo de mercados privados PitchBook, com US\$ 2,3 bilhões (R\$ 12 bilhões) investidos.

Investidores vêm se voltando para empresas de fusão nos últimos anos em meio a grandes expectativas de que a tecnologia — que promete energia barata, abundante e livre de carbono — esteja finalmente se aproximando da viabilidade econômica.

Diferentemente da fissão nuclear, que libera energia ao dividir átomos, a fusão visa replicar a reação que alimenta o sol, gerando energia ao forçar núcleos atômicos a se fundirem sob calor ou pressão extrema.

Embora grande parte do financiamento dessa indústria nascente permaneça fechado, algumas startups de fusão estão começando a olhar para a Bolsa de Valores para financiar projetos que agora chegam aos bilhões de dólares.

A General Fusion afirmou no mês passado que buscava uma fusão empresarial com uma empresa de aquisição de propósito específico em um acordo que avaliaria a empresa canadense em cerca de US\$ 1 bilhão, tornando-a a primeira empresa focada exclusivamente em energia de fusão nuclear a ser listada publicamente quando o negócio for fechado, em meados de 2026.

Em dezembro, a TAE Technologies também disse que buscava uma listagem pública por meio de uma fusão de ações com o Trump Media & Technology Group, avaliando a empresa de fusão em US\$ 6 bilhões.

O apetite dos investidores tem se mostrado robusto até agora. O preço do chamado financiamento "Pipe" — dinheiro privado de investidores institucionais levantado como parte de um acordo com empresas de propósito específico — que apoia a General Fusion foi fixado em US\$ 12 por ação, 22% acima do preço da abertura de capital. Os investidores de varejo "adoram qualquer coisa futurista. Então, embora essas empresas estejam muito, muito distantes no futuro, o varejo não tem medo disso", disse Kristi Marvin, fundadora e CEO da SPACInsider, uma provedora de dados.

Executivos dizem que a dinâmica de financiamento está começando a divergir dentro do setor. Ally Yost, vice-presidente sênior da Commonwealth Fusion Systems (CFS) — a empresa de fusão mais bem financiada, com cerca de US\$ 3 bi arrecadados — disse que a indústria está vendendo "mais rodadas acontecendo, mas com valores menores" entre os novos entrantes. No entanto, ela afirmou que há uma mudança entre os grupos mais estabelecidos para "fases muito mais intensivas em capital", à medida que as empresas passam de conceitos em apresentações de slides para a construção de máquinas físicas de elevado valor.

Nenhuma dessas empresas de capital fechado do setor alcançou ainda a fusão comercialmente viável. A maioria das líderes está desenvolvendo dispositivos de demonstração — versões reduzidas destinadas a provar que sua tecnologia pode produzir mais eletricidade do que consome.

A CFS está construindo um dispositivo pré-comercial e planeja construir sua primeira usina comercial nos EUA no início da década de 2030, de acordo com Yost.

Apesar de enfrentar desafios de financiamento em 2025, a General Fusion manteve uma abordagem mais cautelosa do que alguns rivais, segundo seu CEO, Greg Twinney. Em vez de fazer "apostas de bilhões de dólares" em uma única máquina, a empresa testou componentes individuais em uma escala menor, uma abordagem que, segundo ele, pode entregar marcos comparáveis com "uma ordem de magnitude a menos de capital". Céticos, porém, alertam que a fusão continua sendo uma tecnologia não comprovada, com um longo caminho até a relevância comercial.



Entenda o que difere fissão e fusão nuclear

FISSÃO NUCLEAR
Como funciona gera energia quebrando um átomo pesado, como urânio
Resíduo material radioativo

FUSÃO NUCLEAR
Como funciona gera energia fundindo dois átomos leves de hidrogênio
Resíduo nêutrons e hélio, um gás inerte

É preciso coordenar a produção de eletricidade?

Estudo aponta ganho de R\$ 12,6 bi ao ano para o sistema com atuação do ONS

Jerson Kelman

Engenheiro, foi professor da Coppe-UFRJ e dirigente de ANA, Aneel, Light, Enersul e Sabesp

O ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) é uma instituição privada de alta capacitação técnica, sustentada pelas empresas do setor elétrico. Sua missão é equilibrar, a cada instante, a oferta e a demanda de energia elétrica em todos os pontos do SIN (Sistema Interligado Nacional). Em diversos países existem instituições com funções semelhantes. Algumas são proprietárias das linhas de transmissão e subestações em alta tensão que compõem o sistema; outras, como o ONS, apenas coordenam a atuação conjunta desses ativos com as usinas geradoras.

O SIN pode ser comparado a uma orquestra, formada por milhares de "músicos" — os agentes geradores e transmissores — e um "maestro": o ONS. Para quem não conhece a arte de reger, o maestro pode parecer irrelevante. Da mesma forma, quem desconhece o funcionamento do setor elétrico tende a subestimar a importância de instituições como o ONS. Por isso, em alguns países foram realizados estudos para quantificar a real contribuição do "maestro" para o sucesso da "orquestra".

No Brasil, o ONS desenvolveu, com consultoria da PSR (Power Systems Research), um estudo financiado pelo Banco Mundial para mensurar, de forma transparente, os benefícios que a coordenação centralizada do ONS gera para a sociedade.

A metodologia compara dois cenários: o real, que

representa a operação efetivamente conduzida pelo ONS, e o contrafactual, que simula o funcionamento do sistema sem coordenação centralizada. Essa análise permite isolar o mérito do operador, identificando ganhos de eficiência, segurança e uso otimizado dos recursos.

O estudo avaliou cinco atividades centrais da coordenação do ONS. Para cada uma delas, calculou a diferença entre o custo do cenário "sem ONS" (maior) e o custo do cenário "com ONS" (menor). A soma dessas diferenças resultou no chamado "valor do ONS": R\$ 12,6 bilhões por ano. É uma quantia muitíssimo maior do que o orçamento anual da instituição.

Metade desse valor provém de apenas uma das cinco atividades: a coordenação da cascata de usinas hidrelétricas de uma bacia hidrográfica. Quando a usina A gera energia elétrica, aumenta a disponibilidade hídrica da usina B, localizada a jusante. Assim, a capacidade de produção de cada usina depende das decisões das que lhe ficam a montante. Isso não seria um problema se todas as usinas de uma cascata pertencessem a uma única empresa. Mas não é assim.

A interdependência operativa entre diferentes usinas de diferentes empresas é uma característica do SIN. Trata-se de um problema inexistente na maioria dos países, que, em geral, produzem eletricidade queimando combustíveis fósseis.

O ONS tem a responsabilidade de definir quando e quanto cada usina deve gerar de forma a minimizar os custos para a sociedade. Discute-se a substituição desse processo decisório — modelo de otimização para minimizar o custo global — por um outro, chamado de "oferta de preços", adotado na maioria dos países, em que cada dono de usina decide quando e quanto produzir. A discussão do tema não caberia neste espaço. Porém, o estudo aqui descrito sugere que alguma coordenação na escala da bacia hidrográfica, de preferência feita pelas próprias usinas da bacia, deve sempre existir, mesmo que se adote a "oferta de preços".