

O magnetismo das terras raras

Joaquim Levy

Valor, 18.6.26

A jornada para o Brasil dominar o ciclo da mineração até ímãs será longa, dada a complexidade dos segredos industriais desenvolvidos pelos chineses

Os ímãs permanentes são essenciais à economia do século XXI porque permitem converter energia elétrica em movimento mecânico (e vice-versa) com eficiência e compactidade ímpares. Sem eles, não há veículos elétricos, geração eólica em escala, earphones ou scanners de ressonância magnética. Um carro elétrico tem até 4 kg desses ímãs; uma turbina eólica até 2t.

A marcha da tecnologia até os ímãs atuais é longa. Ímãs "permanentes" já eram conhecidos dos gregos (magnetita), mas eram pesados, fracos e perdiam a magnetização com facilidade. As aplicações da eletricidade dependeram inicialmente de eletroímãs, cujo magnetismo vem da passagem da corrente elétrica por fios de cobre envolvendo um bloco de ferro doce. Nos anos 1930, houve um salto com o ímã japonês de alumínio, níquel e cobalto, muito mais forte por peso e com alta permanência (coercividade) em uma ampla faixa de temperatura. Nos 1950, vieram os ímãs de ferrita (cerâmicos com óxidos de bário ou estrôncio), menos eficientes, mas muito baratos, ainda usados onde tamanho e peso não são problemas (e.g., geladeiras).

A grande mudança veio nos 1960, quando pesquisadores universitários e de laboratórios militares americanos produziram o primeiro ímã com uma terra rara (samário) e cobalto, cuja coercividade era várias vezes maior do que tudo o que havia antes. Finalmente, nos 1980, surgiu um ímã ainda mais forte, com a liga neodímio-ferro-boro (NdFeB), que nos trouxe ao micro ímã dos celulares e à turbina eólica que acende milhões de lâmpadas de LED.

A física por trás das propriedades das terras raras é elegante. Os lantanídeos — os elementos (58 a 71) encontrados no bloco ao pé da tabela periódica, destacado após o bário — formam o coração das terras raras. Eles possuem orbitais (4f) com formatos particulares onde, ao contrário do habitual, vários elétrons ficam sozinhos (desemparelhados) e com seus giros (spins) apontando para a mesma direção. Isso gera fortes campos magnéticos locais. Aqueles formatos, quando encaixados numa rede cristalina, também funcionam como uma âncora que impede o campo magnético de girar livremente (anisotropia magnetocristalina), efeito ainda mais forte nos elementos pesados, como o disprósio e o térbio. Nos elementos leves, como o neodímio, a coercividade diminui com o calor, devido à vibração dos átomos na rede cristalina. Para evitar essa perda, o neodímio precisa ser estruturado em ligas estáveis, como as de NdFeB e idealmente dopado com lantanídeos pesados.

Os lantanídeos encontram-se em três grandes grupos de minerais de interesse comercial. A bastnäsita, rica em terras raras leves, encontra-se nas grandes minas de rocha dura que precisam de britagem e moagem para aproveitamento — Bayan Obo na China, Mountain Pass nos EUA e Mount Weld na Austrália. A monazita é fonte de terras leves, mas frequentemente contém tório e urânio radioativos. Na xenotima (Malásia e Pitinga-AM), destacam-se as terras pesadas. Há ainda depósitos em que as terras raras não estão presas em um cristal, mas presentes como íons na superfície de argilas (argilas de adsorção iônica), tornando sua extração química mais fácil. Essas argilas, ricas em terras pesadas, fizeram a fortuna da China e já são exploradas comercialmente no Goiás.

A passagem de minério a ímã envolve estágios de crescente dificuldade técnica, exigência de capital e agregação de valor. A mineração, seguida do beneficiamento físico e concentração — obtidos por processos como flotação, gravimetria e separação magnética — são os estágios básicos que resultam em minério com teor de até 60%. A abertura do concentrado, liberação dos lantanídeos dos cristais, de bastnäsita com ácido sulfúrico e da monazita com soluções alcalinas, é complexa, exigindo tratamento dos efluentes. É a etapa onde a maioria dos países para.

A separação individual dos lantanídeos, cujas propriedades químicas são muito parecidas (e.g., todos com valência +3, daí não caberem no corpo da tabela periódica), é densa em tecnologia. Ela demanda centenas de estágios de contato químico em cascata com solventes orgânicos em colunas de mistura-decantação, cuja eficiência operacional requer muita prática. Aqui, a China domina, apesar das plantas de separação operadas pela Solvay (belga) na Europa e do sucesso da australiana Lynas na Malásia.

Segue-se a redução a metal por eletrólise em sais fundidos, a produção de ligas e a sinterização dos ímãs. Tudo domínio da China, com pontuais presenças europeias (Vacuumschmelze). Aí residem os maiores segredos, como o da difusão de disprósio nos contornos de grão de ligas NdFeB para reforçar a coercividade no calor.

O Brasil possui uma posição singular nessa cadeia de valor. As monazitas ficaram no passado pelo tório, enquanto a recuperação da bastnäsita nos rejeitos do processamento do minério de nióbio e fosfato em Araxá (com a australiana St. George) e em Catalão (GO) tem se mostrado promissora. Já o projeto de argila iônica da Serra Verde (GO) recentemente adquirido pela USA Rare Earth por aparentes US\$ 2,8 bilhões, com apoio de agências de financiamento americanas (DFC), sugere o potencial de depósitos argilosos em Poços de Caldas e Nova Roma (GO), enquanto Pitinga (agora chinesa) também é uma promessa.

Na industrialização, a EMBRAPPI tem financiado projetos nas rotas de separação química e prototipagem de ímãs, enquanto o IPEN trabalha na eletrólise para chegar a metais de terras raras puros.

A atração geopolítica pelas terras raras tem crescido, mas a jornada para o Brasil dominar o ciclo até ímãs será longa, dada a complexidade dos segredos industriais desenvolvidos por décadas nas academias e fábricas chinesas. Eles lembram aqueles sobre a fabricação da porcelana, indecifráveis para a Europa até o século XVIII. Navegar por esse cenário exige alianças com muitos. O triângulo EUA-Brasil-Europa, por exemplo, pode oferecer algo poderoso e estável, como na liga NdFeB, em que cada elemento tem algo que os outros não tem. O mais urgente é alinhar nossos recursos e estabelecer objetivos concretos para melhor aproveitar o que a Natureza nos deu.

Joaquim Levy é diretor de Estratégia Econômica e Relações com Mercado do Banco Safra. Foi ministro da Fazenda e diretor gerente do Banco Mundial.