

O custo de brilhar tanto

Emissão de partículas de luz extrai energia da camada mais externa do Sol e a faz girar mais lentamente

Ricardo Zorzetto

Manchas tingem a superfície do Sol; o planeta Vênus é o círculo escuro no alto à esquerda

O Sol parece pagar um preço por alimentar com luz e calor os planetas a sua volta. Tanta generosidade lhe extrai, é verdade que muito lentamente, parte da energia que o mantém girando em torno de seu próprio eixo. Ainda não se sabe qual influência isso pode ter no curto ou no longuíssimo prazo sobre a vida da estrela mais importante da vizinhança. Suspeita-se que o fenômeno possa afetar os campos magnéticos gerados no interior do Sol, responsáveis por explosões que lançam partículas e energia ao espaço e atingem a atmosfera terrestre, pre-

judicando o funcionamento de satélites. Mas ainda é necessário investigar mais.

“O Sol não vai parar de girar nos próximos tempos, mas descobrimos que a mesma radiação solar que aquece a Terra está ‘freando’ o Sol”, afirmou o astrônomo Jeff Kuhn, da Universidade do Havaí, nos Estados Unidos, em um comunicado à imprensa em dezembro de 2016.

Kuhn coordenou um estudo que mediu com precisão uma sutil desaceleração na velocidade de rotação das camadas mais externas do Sol. Publicado em fevereiro na revista *Physical Review Letters*, o trabalho contou com a partici-

pação do astrônomo brasileiro Marcelo Emilio, professor da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), no Paraná, e verificou que as camadas mais distantes do centro da estrela se movimentam mais lentamente do que as mais internas. Com base nas medições feitas agora, os pesquisadores calculam que a fotosfera, a camada da atmosfera responsável pela emissão das partículas de luz que escapam do Sol, tenha uma velocidade de rotação cerca de 2% menor do que a de regiões mais profundas da estrela.

Essa diferença ocorre porque o Sol não é uma esfera maciça. Ele é formado

por um gás muito quente contendo partículas eletricamente carregadas (plasma) de hidrogênio e hélio, os elementos químicos mais simples e abundantes do Universo. Sabe-se ainda que existe uma diferença de densidade desse plasma de acordo com a profundidade em que se encontra. Ele é mais denso nas regiões mais internas do Sol do que nas externas – no núcleo da estrela, o plasma é 10 vezes mais denso que o chumbo, enquanto, na atmosfera solar, é 10 mil vezes menos denso do que o ar na superfície da Terra.

Por causa desse gradiente de densidades, os dois terços mais internos do Sol se comportam como uma esfera rígida e maciça, em que todos os pontos giram em conjunto no mesmo sentido. “O núcleo roda todo solidário e seria difícil obtermos uma medida de eventual desaceleração”, conta o astrofísico Nelson Leister, professor da Universidade de São Paulo (USP) especializado em física e astrometria solar.

O terço mais superficial, por sua vez, funciona como um fluido: seus pontos se movem no mesmo sentido que os da região mais interna, mas a velocidades distintas. Medições feitas nas últimas décadas já indicavam que o terço mais externo do Sol se movia mais lentamente do que os dois terços mais interiores. Agora também se sabe que, na porção mais superficial, a velocidade diminui à medida que aumenta a distância do núcleo do Sol.

Havia algum tempo os astrônomos suspeitavam que mesmo na atmosfera solar houvesse estratos se movimentando a velocidades diferentes. Dados obtidos nos anos 1980 sobre o ritmo de deslocamento das manchas solares, regiões mais escuras e frias da atmosfera do Sol, apresentavam pequenas variações, interpretadas por alguns pesquisadores como resultado de uma possível diferença na velocidade com que se deslocavam.

Usando 27 milhões de imagens de altíssima resolução do Sol, obtidas pelo satélite Solar Dynamics Observatory, da agência espacial norte-americana (Nasa), Kuhn, Emilio e seus colaboradores mediram com uma precisão jamais obtida antes alterações sutis no movimento da fotosfera. Eles confirmaram que essa diferença de rotação existe e pode ser me-

Um ponto no alto da fotosfera demora mais que um ponto na base para dar uma volta no eixo do Sol

didada mesmo entre estratos de uma faixa de apenas 150 quilômetros de espessura dessa camada – esses 150 quilômetros correspondem a 0,02% (ou um quinquagésimo) do raio do Sol. Um ponto no topo dessa camada leva 2,7% mais tempo para completar uma volta em torno do eixo do Sol do que outro localizado na mesma latitude, mas situado na base. É um efeito sutil, que se torna relevante ao longo do tempo.

VIAGEM MAIS DEMORADA

Um exemplo ajuda a esclarecer. Se um ponto qualquer de uma camada interna da estrela leva 30 dias para concluir uma volta ao redor do eixo solar, um ponto na base da fotosfera situado na mesma latitude – desde o século XVII se sabe, pelo estudo das manchas solares, que a velocidade de deslocamento muda a diferentes latitudes, diminuindo em direção aos polos – demora 19 horas a mais para traçar o mesmo percurso. Para um ponto no topo da fotosfera, seria preciso somar outras duas horas a essa viagem, que totalizaria 21 horas a mais.

Desde que o Sol surgiu, há 5 bilhões de anos, os astrônomos estimam que já tenha completado 60 bilhões de voltas em torno de seu próprio eixo. Nesse tempo todo, a frenagem da atmosfera já deve ter sido suficiente para mudar a velocidade de rotação de uma camada do Sol com 35 mil quilômetros de profundidade ou 5% do raio da estrela. Esses dados, apresentados no artigo da *Physical Review Letters*, coincidem com os de estudos anteriores. No final dos anos 1980, medições da velocidade de propagação de ondas sonoras no interior do Sol, feitas por uma técnica chamada heliossismologia, indicavam que os 5% mais externos da estrela tinham uma velocidade de rotação mais baixa

do que o restante. Mas ninguém sabia explicar o motivo.

No trabalho atual, Emilio, a equipe de Kuhn e o astrônomo Rock Bush, da Universidade Stanford, criador de um dos instrumentos do SDO, propõem que a desaceleração do Sol seja consequência da frenagem do fóton. É como se cada fóton (partícula de luz) emitido pelas camadas mais externas da estrela carregasse consigo uma quantidade ínfima da energia que mantém a atmosfera solar girando. Segundo Kuhn, esse efeito está freando muito lentamente a estrela a partir de sua superfície.

Para confirmar essa hipótese, será necessário ainda aguardar algum tempo. “Essa perda é muito pequena”, diz Emilio, diretor do Observatório Astronômico da UEPG. Segundo o pesquisador, que com seus colaboradores realizou em 2012 a medição mais precisa já feita do raio solar (ele tem 697 mil quilômetros e é 109 vezes maior que o da Terra), seria necessário observar o Sol por milhões de anos para medir se a perda de fótons corresponde à desaceleração que está ocorrendo. Ou, ao menos, esperar a conclusão do maior telescópio dedicado à observação solar: o Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST), em construção em uma das ilhas do Havaí. Previsto para estar pronto em 2020, terá um espelho de 4 metros de diâmetro que precisará ser resfriado para suportar receber tanta energia do Sol. “Quando estiver funcionando”, diz Emilio, “esse telescópio vai observar uma parte do Sol com muita resolução e talvez consiga fazer esse tipo de medição com bastante precisão”. ■

Artigo científico

CUNNINGHAM, I. et al. A Poynting-Robertson-like drag at the Sun's surface. *Physical Review Letters*. 3 fev. 2017.