

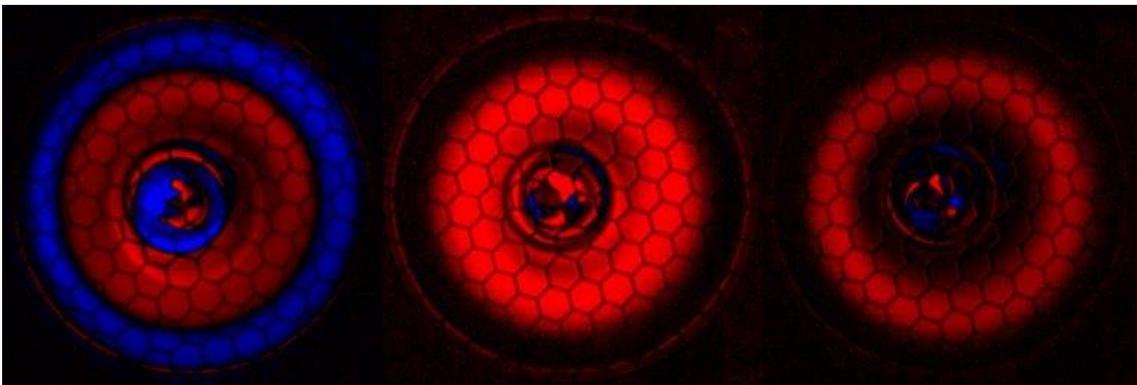


## Inovações Tecnológicas – Janeiro de 2023

São apresentadas as informações sobre Gravidade artificial é gerada com ondas sonoras e plasma; Ondas gravitacionais podem dar informações sobre início dos tempos; Motores iônicos espaciais ficam 10 vezes mais potentes - ou mais. Vejam como a tecnologia está evoluindo de forma surpreendente.

### 1 –Gravidade artificial é gerada com ondas sonoras e plasma

Convecção gerada no movimento do gás quente por uma força acústica semelhante à gravidade dentro de uma esfera de vidro. As imagens foram gravadas 15, 40 e 140 milissegundos depois que a força foi ligada. A principal característica é um anel de gás quente que se expande para fora.



[Imagem: John P. Koulakis et al. - 10.1103/PhysRevLett.130.034002]

#### 1.1 - Gravidade artificial

Pesquisadores conseguiram reproduzir efetivamente a força da gravidade gerada por estrelas e planetas - ou perto delas - dentro de uma esfera de vidro superquente.

Isso permitirá a realização de experimentos que não podem ser feitos facilmente na superfície da Terra e que são muito difíceis de simular em computadores - hoje, esses experimentos são enviados para o espaço, um processo caro e demorado.

Além de permitir o estudo experimental de questões astrofísicas, a nova técnica permitirá estudar como o clima espacial afeta as comunicações e o funcionamento dos satélites artificiais, o que é muito difícil de fazer hoje porque os experimentos de laboratório aqui na Terra são afetados pela gravidade de maneiras bem diferentes das condições no espaço.

## 1.2 - Imitação da gravidade

A possibilidade de criar esse simulador de gravidade inédito surgiu em 2017, depois que Gilles Courret e colegas da Universidade de Ciências Aplicadas e Artes da Suíça Ocidental descobriram um fenômeno incrível dentro de lâmpadas de alta potência (1 kW). Courret observou que o plasma gerado por essas lâmpadas de enxofre de alta potência forma uma esfera que permanece no centro do bulbo apesar da gravidade, protegendo assim o vidro do derretimento. Uma primeira análise mostrou que esse fenômeno resulta de uma ressonância acústica em modo esférico.

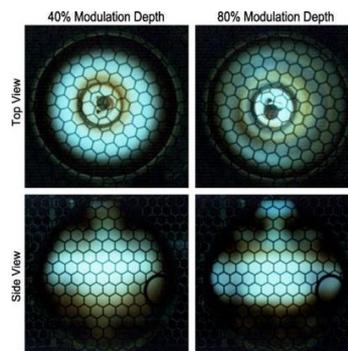
Agora, John Koulakis e colegas da Universidade da Califórnia de Los Angeles foram além na análise do fenômeno, revelando que ele pode ser explicado pela força de radiação acústica, a mesma que vem sendo explorada pelos aparatos de levitação acústica, nos quais ondas sonoras refletidas por um objeto são suficientes para fazê-lo levitar no ar, vencendo a força da gravidade.

Mais interessante ainda, Koulakis e seus colegas mostraram que, nas lâmpadas, essa força acústica atua não na superfície do objeto onde o som se reflete, mas ao longo do gás, criando um gradiente onde as variações de densidade redirecionam as ondas sonoras.

Eles então tiraram proveito dessa força presente nesse "gradiente livre" - sem qualquer interface entre o sólido e o gás - para criar seu simulador de gravidade.

## 1.3 - Gravidade artificial é gerada com ondas sonoras e plasma

a) Controle da gravidade acústica.



[Imagem: John P. Koulakis et al. - 10.1103/PhysRevLett.130.034002]

b) Gravidade acústica

Em vez de uma lâmpada, a equipe criou seu gerador de gravidade artificial - que eles chamam de gravidade acústica - dentro de uma esfera oca de 3 centímetros de diâmetro.

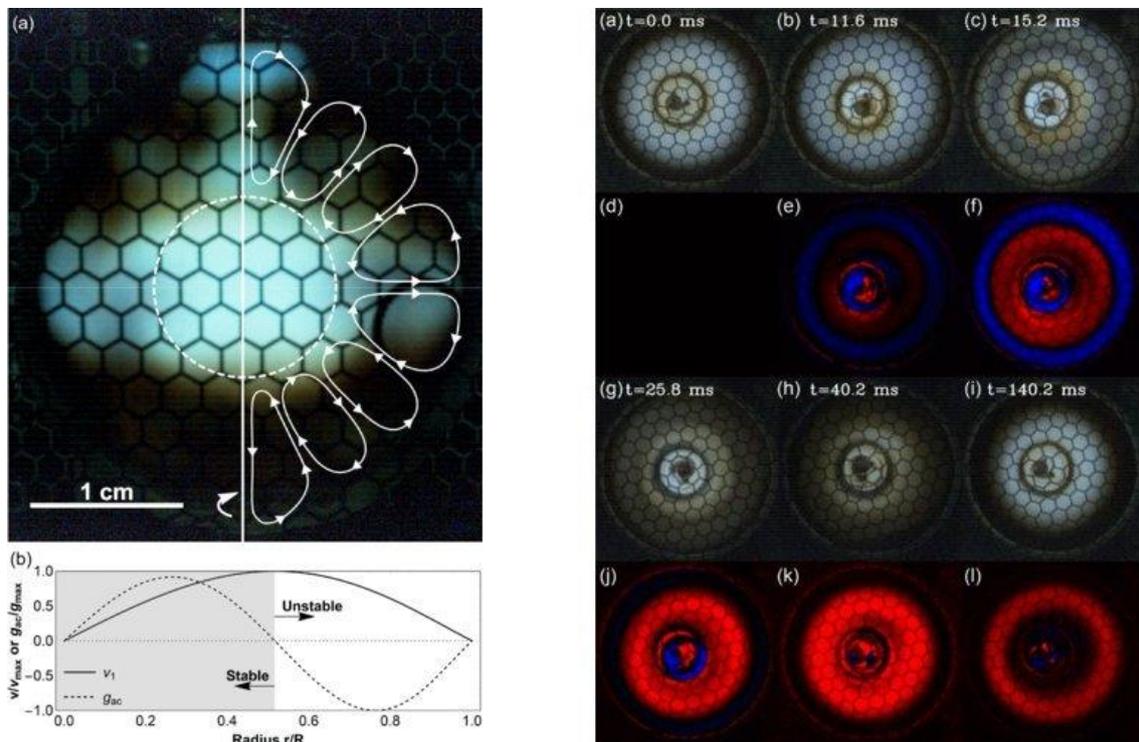
Para isso, eles usaram ondas sonoras para gerar convecção no plasma - um processo no qual o gás esfria quando se aproxima da superfície de um corpo e depois reaquece e sobe novamente quando se aproxima do núcleo - criando uma corrente fluida que, por sua vez, gera uma corrente magnética.

Um feixe de micro-ondas aquece o gás de enxofre dentro da esfera de vidro a 4.000 °C. As ondas sonoras dentro funcionam como a gravidade, restringindo o movimento do gás quente e fracamente ionizado - o plasma - em padrões que se assemelham às correntes de plasma nas estrelas.

O resultado é um autêntico campo gravitacional esférico que permite estudar em detalhes a convecção que ocorre em estrelas e planetas. "Com o uso de som gerado por micro-ondas em um frasco esférico de plasma quente, conseguimos um campo de gravidade mil vezes mais forte que a gravidade da Terra," contou Koulakis.

"As pessoas estavam tão interessadas em tentar modelar a convecção esférica com experimentos de laboratório que na verdade já colocaram um experimento no ônibus espacial porque não conseguiam obter um campo de força central forte o suficiente no solo," ilustrou o professor Seth Putterman, coordenador da equipe. "O que mostramos é que nosso sistema de som gerado por micro-ondas produziu uma gravidade tão forte que a gravidade da Terra não era um fator. Não precisamos mais ir ao espaço para fazer esses experimentos."

A equipe agora pretende replicar o fenômeno em recipientes maiores.



[Imagem: John P. Koulakis et al. - 10.1103/PhysRevLett.130.034002]

#### 1.4 -Experimentos astrofísicos

Outro detalhe interessante é que o gás quente e brilhante perto da metade externa da esfera move-se para fora em direção às paredes da esfera. E a forte gravidade sustentada gerou uma turbulência que se assemelha à que é vista perto da superfície do Sol.

Na metade interna da esfera, a gravidade acústica mudou de direção, apontando para fora, o que faz com que o gás quente afunde no centro. No experimento, a gravidade acústica manteve naturalmente o plasma mais quente no centro da esfera, o que também ocorre nas estrelas e em planetas gigantes gasosos.

A capacidade de controlar e manipular o plasma de maneira a espelhar a convecção estelar e planetária ajudará também a entender e prever como o clima solar afeta os sistemas de comunicação por satélite e as espaçonaves. O objetivo da equipe agora é ampliar a escala do experimento, criando um gerador de gravidade acústica que possa ser usado para os tão esperados experimentos astrofísicos.

#### Bibliografia:

Artigo: On the plasma confinement by acoustic resonance

Autores: Gilles Courret, Petri Nikkola, Sébastien Wasterlain, Olexandr Gudozhnik, Michel Girardin, Jonathan Braun, Serge Gavin, Mirko Croci, Peter W. Egolf

Revista: The European Physical Journal D

Vol.: 71, Article number: 214

DOI: 10.1140/epjd/e2017-70490-6

Artigo: Thermal Convection in a Central Force Field Mediated by Sound

Autores: John P. Koulakis, Yotam Ofek, Seth Pree, Seth Putterman

Revista: Physical Review Letters

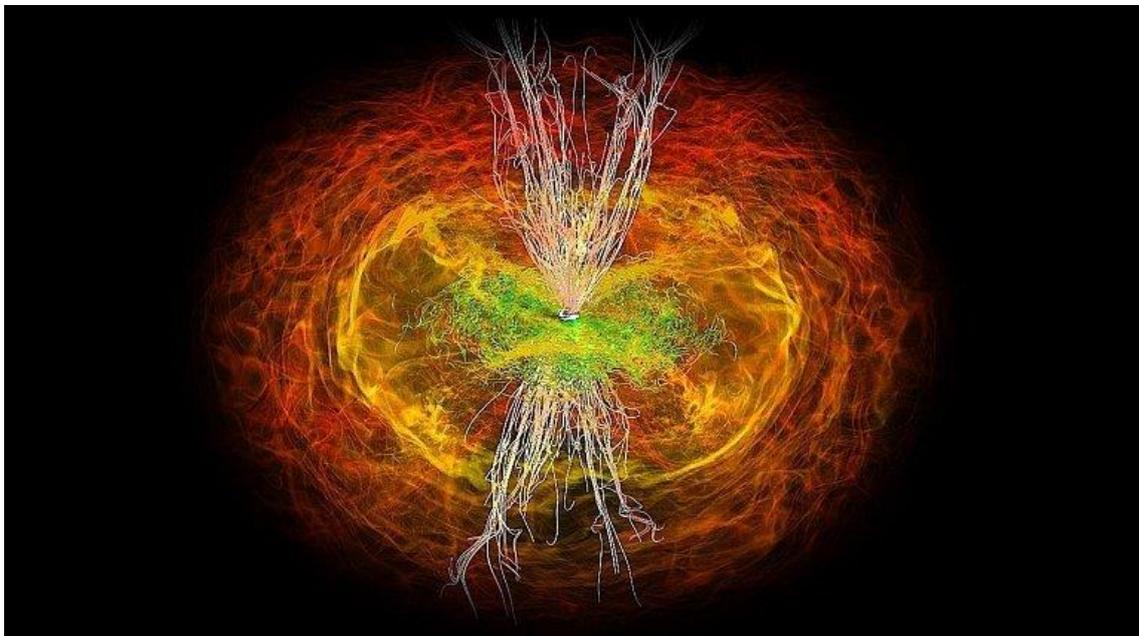
Vol.: 130, 034002

DOI: 10.1103/PhysRevLett.130.034002

## 2 – Ondas gravitacionais podem dar informações sobre início dos tempos

Ondas gravitacionais podem dar informações sobre início dos tempos

Simulação numérica das estrelas de nêutrons se fundindo para formar um buraco negro, com seus discos de acreção interagindo para produzir ondas eletromagnéticas.



[Imagem: L. Rezzolla (AEI)/M. Koppitz (AEI/Zuse-Institut Berlin)]

## 2.1 - Voltar no tempo com ondas gravitacionais

A astronomia de ondas gravitacionais pode nos fornecer mais informações do que os astrônomos e astrofísicos mais entusiasmados previram quando as primeiras ondas gravitacionais foram detectadas em 2015. Elas podem nos ajudar a voltar ao início de tudo o que conhecemos, fornecendo informações do cosmos logo após o Big Bang. O segredo está em compreender como essas ondulações no tecido do Universo fluem através dos planetas, das estrelas, das galáxias e até do rarefeito meio intergaláctico.

"Não podemos ver o Universo primitivo diretamente, mas talvez possamos vê-lo indiretamente se observarmos como as ondas gravitacionais daquela época afetaram a matéria e a radiação que podemos observar hoje," propõem Deepen Garg e Ilya Dodin, do Laboratório de Física do Plasma de Princeton (PPPL).

E a ideia veio de longe: Os dois físicos estavam estudando a geração de energia por fusão nuclear, que tira proveito do processo que alimenta as estrelas para gerar eletricidade na Terra sem emitir gases de efeito estufa. Para isso, é necessário calcular como as ondas eletromagnéticas se movem através do plasma, a sopa de elétrons e núcleos atômicos que alimenta os geradores de fusão conhecidos como tokamaks e estelares.

Foi então que a dupla se deu conta de que esse processo se assemelha ao movimento das ondas gravitacionais através da matéria. "Nós basicamente colocamos o mecanismo das ondas de plasma para trabalhar em um problema de onda gravitacional," contou Garg.

Ondas gravitacionais podem dar informações sobre início dos tempos  
Os detectores atuais são capazes de detectar apenas uma pequena porção das frequências de ondas gravitacionais.

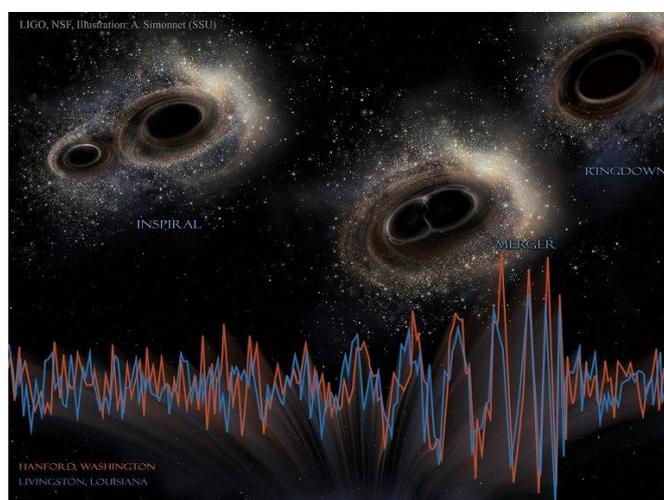


Imagem: A.Simonet (SSU)/LIGO/NSF]

## 2.2 - Modo coletivo das ondas gravitacionais

As ondas gravitacionais, previstas por Albert Einstein em 1916 como consequência de sua teoria da relatividade, são distúrbios no espaço-tempo causados pelo movimento de objetos de massa muito elevada, e viajam pelo cosmos na velocidade da luz.

Garg e Dodin criaram fórmulas que permitem tirar dos dados das ondas gravitacionais informações sobre propriedades de corpos celestes, como estrelas, que estão a milhões ou bilhões de anos-luz de distância. Especificamente, à medida que as ondas gravitacionais fluem através da matéria, elas criam "luz" cujas características dependem da densidade da matéria que estão atravessando.

Essas equações estendem a teoria das ondas gravitacionais para a interação das ondas gravitacionais com o plasma das estrelas, do meio interestelar ou dos eventos cataclísmicos, como a fusão de corpos muito massivos. E permitem capturar informações impressas na polarização das ondas que atravessam esse plasma.

"Em particular, mostramos que esta formulação inclui a instabilidade cinética de Jeans como um modo coletivo das ondas gravitacionais, com uma polarização peculiar, que é derivada da matriz de dispersão, em vez de ser assumida a priori," escreveu a dupla - a instabilidade de Jeans é o que causa o colapso de nuvens de gás interestelar e a subsequente formação de estrelas.

Se a teoria estiver correta, isso permite descobrir propriedades sobre corpos celestes que foram atravessados pela onda gravitacional que chegou até nós - qualquer que seja sua idade. Essa técnica também pode levar a descobertas sobre a colisão de estrelas de nêutrons e buracos negros, remanescentes ultradensos de estrelas mortas. E, segundo a dupla, pode até mesmo revelar informações sobre o que estava acontecendo durante o Big Bang e os primeiros momentos do nosso Universo.

Com as equações prontas, resta agora por a mão na massa e checar se a teoria se sustenta. "Temos algumas fórmulas agora, mas obter resultados significativos exigirá mais trabalho," anunciou Garg.

### Bibliografia:

Artigo: Gravitational wave modes in matter

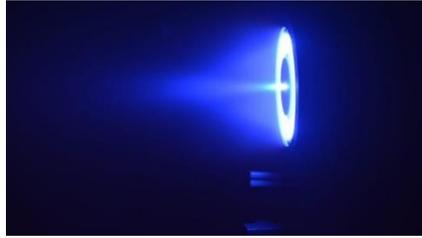
Autores: Deepen Garg, I. Y. Dodin

Revista: Journal of Cosmology and Astroparticle Physics

DOI: 10.1088/1475-7516/2022/08/017

### 3 - Motores iônicos espaciais ficam 10 vezes mais potentes - ou mais

O motor iônico "turbinado" recebeu um sistema de refrigeração e um novo combustível.



[Imagem: Plasmadynamic and Electric Propulsion Laboratory]

#### 3.1 - Motor iônico de alta potência

Os motores iônicos não competiriam em nenhuma corrida de arrancada porque não são bons nisso; mas, uma vez em movimento, esse tipo de propulsão elétrica garante uma aceleração constante, podendo finalmente atingir velocidades muito altas.

E, como requerem pouco combustível - muito menos do que qualquer motor foguete químico - eles têm sido a melhor escolha para sondas espaciais em missões de longa duração.

Mas parece que os motores iônicos poderão se tornar muito mais interessantes a partir de agora.

As teorias indicavam que esses motores, também conhecidos como propulsores Hall, precisariam ser proporcionalmente maiores conforme crescesse a necessidade de empuxo, ou seja, quanto mais força, maior o tamanho do motor.

Agora, Leanne Su e seus colegas da Universidade de Michigan, nos EUA, demonstraram que propulsores Hall pequenos podem gerar muito mais impulso do que se calculava, potencialmente tornando-os candidatos para impulsionar missões interplanetárias.

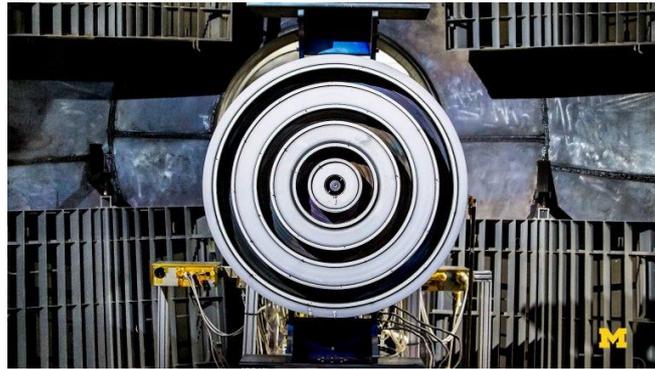
#### 3.2 - Motor iônico "turbinado"

O saber reinante até agora estabelecia que só se podia injetar uma quantidade de corrente elétrica por área do motor. E, como é a corrente elétrica que gera o plasma que sai pelo bocal e impulsiona o motor foguete, quanto mais energia se puder colocar, maior potência terá o motor.

Su desafiou esse limite fazendo um propulsor Hall projetado para 9 quilowatts (kW) rodar com nada menos do que 45 kW, mantendo aproximadamente 80% de sua eficiência nominal. Isso representa multiplicar a força gerada por unidade de área do motor por um fator de quase 10.

"Nós batizamos nosso propulsor de H9 MUSCLE porque, essencialmente, pegamos o propulsor H9 e fizemos dele um muscle car," disse a pesquisadora.

Foto do motor iônico padrão H9 (9 kW) que apresentou a mesma potência que um motor da classe X3 (100 kW).



[Imagem: Marcin Szczepanski/Michigan Engineering]

### 3.3 – Propulsão elétrica

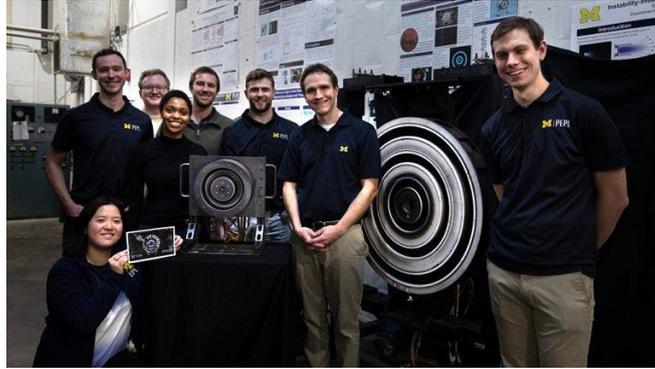
Quer chamemos de propulsor de plasma ou motor iônico, a propulsão elétrica ainda é nossa melhor aposta para viagens interplanetárias - pelo menos até a chegada dos motores foguete de propulsão nuclear.

Mas esta tecnologia está em uma encruzilhada: Embora os propulsores Hall sejam uma tecnologia comprovada, um conceito alternativo, conhecido como propulsor magnetoplasmadínâmico, promete colocar muito mais potência em motores menores. No entanto, eles ainda não foram comprovados de várias maneiras, sobretudo em termos de durabilidade.

Ante a concorrência, os propulsores Hall começavam a ser taxados de carta fora do baralho, devido aos limites do seu modo de funcionamento. O combustível, normalmente um gás nobre como o xenônio, move-se através de um canal cilíndrico, onde é acelerado por um campo elétrico, gerando empuxo na direção frontal conforme sai pelo bocal traseiro, como qualquer motor foguete. Mas, antes que o propulsor possa ser acelerado, ele precisa perder alguns elétrons para obter uma carga positiva.

Elétrons acelerados por um campo magnético para correr em um anel ao redor desse canal arrancam elétrons dos átomos do propelente e os transformam em íons carregados positivamente. No entanto, os cálculos sugeriam que tentar injetar mais propelente através do motor faria com que os elétrons chispando na formação de anel seriam eliminados da formação, interrompendo o funcionamento do motor - seria como colocar na boca mais comida do que você consegue mastigar.

Agora a equipe sonha com voos mais distantes.



[Imagem: Marcin Szczepanski/Michigan Engineering]

### 3.4 - Radiador para motor espacial

Um dos primeiros efeitos de tentar injetar mais propelente é que o motor começa a esquentar muito. Su fez então o que parecia mais razoável: Ela resfriou o motor com água, para ver até que ponto conseguia aumentar a potência do motor. Dos 9 kW nominais, ela chegou a 37,5 kW.

Usando criptônio, um gás mais leve, o motor suportou até 45 kW. Com uma eficiência geral de 51%, o motor atingiu um impulso máximo de cerca de 1,8 Newtons, equivalente a um propulsor Hall muito maior, da classe de 100 kW.

"Este é um resultado meio maluco porque normalmente o criptônio tem um desempenho muito pior do que o xenônio nos propulsores Hall. Portanto, é muito legal e um caminho interessante ver que podemos realmente melhorar o desempenho do criptônio em relação ao xenônio aumentando a densidade de corrente do propulsor," disse Su.

Agora a equipe pretende desenvolver um mecanismo de resfriamento que possa ser usado no espaço - aproveitar o frio do espaço parece ser o caminho mais lógico. E os resultados obtidos agora já fazem os pesquisadores sonharem com motores iônicos rodando em 100 e até 200 kW, montados em conjuntos para fornecer 1 MW de potência para uma nave de exploração do espaço profundo.

#### **Bibliografia:**

**Artigo: Operation and Performance of a Magnetically Shielded Hall Thruster at Ultrahigh Current Densities**

**Autores: Leanne L. Su, Parker J. Roberts, Tate Gill, William Hurley, Thomas A. Marks, Christopher L. Sercel, Madison Allen, Collin B. Whittaker, Matthew Byrne, Zachariah Brown, Eric Vigas, Benjamin Jorns**

**Revista: Proceedings of the AIAA 2023**

**DOI: 10.2514/6.2023-0842**

Rio de Janeiro, 30 de janeiro de 2023

Gustavo Benttenmuller

Presidente reeleito da ATQ