

## PROPOSTA DE CONTRATAÇÃO DE UM NOVO DOCENTE PARA A ÁREA DE FÍSICA DE PLASMAS E FUSÃO NUCLEAR

### 1. Justificativa para a contratação de um novo docente para o Laboratório de Física de Plasmas do Departamento de Física Aplicada do IFUSP

O Brasil abriga o maior tokamak do hemisfério sul do planeta - o tokamak TCABR, que é operado pelo Laboratório de Física de Plasmas (LFP) do Instituto de Física da USP (IFUSP). No entanto, sendo um dispositivo que está em operação há mais de 20 anos, uma grande modernização de seus principais sistemas é necessária para mantê-lo contribuindo efetivamente para a pesquisa moderna em fusão nuclear. Por esse motivo, os pesquisadores do LFP-IFUSP decidiram modernizar o TCABR a fim de termos uma máquina onde pesquisadores possam investigar tópicos que estão na fronteira da pesquisa em fusão.

O objetivo científico dessa modernização é fazer com que o TCABR permita a investigação do impacto de perturbações magnéticas ressonantes sobre violentas instabilidades em plasmas com configurações jamais atingidas em outros tokamaks. Tais instabilidades tem o potencial de destruir os componentes internos de futuras usinas de energia a fusão e, portanto, são vistas como uma ameaça ao desenvolvimento da fusão nuclear como uma fonte de energia. O projeto de modernização do TCABR já atraiu colaborações internacionais (Swiss Plasma Center, General Atomics, University of California San Diego e Princeton Plasma Physics Laboratory) e tem como estratégia principal o fortalecimento do [Programa Nacional de Fusão Nuclear](#), do qual são autores os professores Gustavo Canal, José Helder Severo e Ricardo Galvão, do LFP.

Para a modernização proposta, um conjunto de projetos separados, mas consistentemente articulados, foram submetidos à FAPESP: um projeto Temático submetido pelo professor Ricardo Galvão (R\$ 15.301.211,84 - em fase final de concessão), um projeto Jovem Pesquisador submetido pelo professor Gustavo Canal (R\$ 1.585.521,75 - já aprovado), um projeto Regular submetido pela professora Marisa Roberto do ITA (R\$ 126.012,50 - já aprovado), um projeto PIPE Fase 1 submetido por um parceiro da iniciativa privada (R\$ 281.258,50) e um projeto PITE 3 a ser submetido dentro de algumas semanas pelo professor Marcos Massi da Universidade Presbiteriana Mackenzie em conjunto com a empresa Mabitec (aproximadamente R\$ 2,7 milhões). Com essa estratégia, embora cada projeto produza resultados relevantes de forma independente, sua integração terá um efeito sinérgico, convertendo o TCABR em uma máquina avançada e única no mundo.

O docente contratado deverá atuar fortemente em PESQUISA e INOVAÇÃO dentro do programa de pesquisa descrito acima. Como pode-se constatar, o programa de pesquisa apresentado possui um número elevado de objetivos. Porém, o LFP-IFUSP hoje possui apenas dois docentes. A contratação de um novo professor para o LFP-IFUSP é, portanto, essencial para o andamento do projeto de modernização do TCABR e, conseqüentemente, para o avanço da fusão nuclear como uma fonte de energia. Essa contratação é ainda mais valiosa quando inserida em um cenário internacional em que resultados recentes demonstraram a viabilidade técnica desta fonte alternativa de energia; resultados esses que tem atraído altos investimentos do setor privado global para a fusão.

## 2. Impacto da contratação no âmbito do Instituto de Física da USP

A contratação de um novo docente para o LFP permitirá que o IFUSP desempenhe um papel significativo no desenvolvimento da indústria nacional, uma vez que esse novo contratado atuará diretamente nos projetos de desenvolvimento tecnológico PIPE Fase 1 e PITE 3. É importante ressaltar que a submissão dessas duas propostas FAPESP para desenvolvimento tecnológico está intimamente ligado ao terceiro pilar do [Programa Nacional de Fusão Nuclear](#), que tem como objetivo promover o envolvimento progressivo do setor privado nacional para que este absorva e domine as tecnologias associadas ao desenvolvimento da fusão nuclear.

Por exemplo, dentro do conjunto de projetos mencionados acima, teremos que alimentar 17 bobinas magnéticas para controle do plasma utilizando fontes de alta potência e de alto desempenho. O custo atual no mercado de uma fonte com as características desejadas é de aproximadamente CHF 2,2 milhões. No entanto, a visão básica do conjunto de projetos mencionados acima é desenvolver as soluções técnicas o máximo possível nacionalmente, para ajudar a fomentar um desenvolvimento tecnológico avançado no país. Para desenvolver um primeiro protótipo dessas fontes, um projeto PITE 3 será submetido à FAPESP dentro de algumas semanas. O texto da proposta já está pronto, sendo que a topologia eletrônica da fonte foi desenvolvida em colaboração com o Swiss Plasma Center, e seu orçamento está em fase final de elaboração em conjunto com a empresa parceira. O projeto conceitual dessa fonte foi concebido em conjunto com pesquisadores do Swiss Plasma Center, na Suíça. Com relação a aplicações comerciais e industriais, tais fontes podem ser utilizadas, por exemplo, (i) em excitatrizes de geradores elétricos de usinas elétricas (área: geração de energia); (ii) no tratamento de resíduos sólidos urbanos usando tochas de plasma (área: saneamento básico); e (iii) na alimentação de sistemas de tração ferroviários e metroviários (área: transporte). Em relação a essa última aplicação, é importante mencionar que o programa federal Pro Trilhos já chegou a 76 pedidos para a criação de novas ferrovias no País. Isso representa uma adição de mais de 19 mil quilômetros de trilhos à malha nacional e um mercado de R\$ 224 bilhões em investimentos privados. Portanto, é altamente estratégico para o País termos indústrias nacionais que possam atender parte desse novo mercado.

Com relação ao estudo de campos magnéticos ressonantes, um conjunto inédito e inovador de bobinas magnéticas foi concebido em conjunto com pesquisadores da General Atomics, San Diego - EUA, e da University of California San Diego - EUA, e está sendo desenvolvido e testado em colaboração com pesquisadores do Princeton Plasma Physics Laboratory por meio de recursos do projeto Jovem Pesquisador já aprovado. Para alimentar essas bobinas, fontes de alta performance também deverão ser projetadas e construídas. Para isso, um projeto PIPE Fase 1 foi submetido à FAPESP para testar um primeiro protótipo de um conversor multinível modular bidirecional. Durante uma pesquisa de mercado para encontrar potenciais fornecedores de conversores com essas características, identificamos uma lacuna de mercado, o que levou à escolha da linha PIPE Fase 1. Conversores multinível com tais requisitos podem ser, entre outras várias aplicações, (i) utilizados de forma *plug-and-operate* em vários outros tokamaks ao redor do mundo, ampliando assim suas linhas de pesquisa; (ii) comercializados como geradores de função de alta potência e de alto desempenho para pesquisa e ensino, tanto em laboratórios industriais quanto em laboratórios de instituições de ciência e tecnologia; e (iii) comercializados no segmento de geração distribuída de energia (área: geração de energia), com a vantagem de ser modular e

reconfigurável, além de incorporar uma interface inteligente que permite o gerenciamento remoto de ativos na rede.

Portanto, fica aqui ressaltada a importância e a necessidade da contratação de um novo docente para o LFP-IFUSP para contribuir com os projetos de desenvolvimento tecnológico.

### 3. Relevância da área de fusão nuclear nos cenários internacional e nacional

Por várias décadas, cientistas têm trabalhado para estabelecer as condições nas quais a fusão nuclear possa se tornar uma fonte de energia limpa, segura, economicamente viável e praticamente inesgotável. Esses estudos são realizados em máquinas denominadas tokamaks, que utilizam campos magnéticos intensos para confinar plasmas de hidrogênio a temperaturas em torno de 150 milhões de graus Celsius. O maior tokamak do mundo - o tokamak ITER - está sendo construído na França através de um consórcio de países: União Europeia, Índia, Japão, China, Rússia, Coreia do Sul e Estados Unidos. Ele foi projetado para produzir 500 MW de potência e seu custo total de construção e operação está estimado em € 22 bilhões. É importante ressaltar que, apesar de ser um custo altíssimo (o experimento científico mais caro de todos os tempos), esse investimento retorna para os países membros através da comercialização de produtos de alto valor agregado baseados nas tecnologias desenvolvidas.

Atualmente, no mundo, grandes volumes de investimentos privados estão fazendo com que a fusão nuclear deixe de ser apenas um vislumbre distante de uma fonte de energia para tornar-se uma possibilidade real. Segundo o relatório da [Fusion Industry Association](#), o número de empresas privadas desenvolvendo fusão nuclear cresceu significativamente nos últimos anos. Existem hoje mais de 35 empresas privadas, sendo que a grande maioria (21 empresas) encontra-se nos EUA. Entre elas está a Commonwealth Fusion Systems - uma empresa fundada por pesquisadores do MIT que já arrecadou mais de US\$ 2,5 bilhões. Segundo seu cronograma, eles pretendem entregar um protótipo comercial de um reator a fusão até 2030 - o tokamak SPARC. Já no Reino Unido, o governo inglês investiu £ 220 milhões no desenvolvimento de um protótipo de reator a fusão - o tokamak STEP. Para atingirem altos campos magnéticos, esses dois grupos estão desenvolvendo bobinas supercondutoras de alta temperatura - um mercado com demanda reprimida de US\$ bilhões. Ainda segundo o relatório da Fusion Industry Association, foi observado um aumento de 139% no volume de investimentos privados em indústrias de fusão - mais de US\$ 6 bilhões somente em 2022 e 2023. Entre os maiores investidores no desenvolvimento da fusão estão Google, Amazon e o Breakthrough Energy Ventures, que é um fundo liderado por Bill Gates, Jeff Bezos, Michael Bloomberg e outros bilionários.

No contexto nacional, o LFP-IFUSP tem assumido um papel de liderança incontestável no desenvolvimento da fusão nuclear. Muitos resultados relevantes foram obtidos no TCABR nos últimos 20 anos: foram publicados mais de 100 trabalhos científicos, mais de 30 dissertações de mestrado e mais de 20 teses de doutorado, com um fator H = 14 - número expressivo para uma instalação experimental na área de fusão nuclear. O LFP-IFUSP ocupa hoje um prédio de 3 andares, com área construída de 1100 m<sup>2</sup>, e o reconhecimento da qualidade das pesquisas aqui realizadas resultou no estabelecimento de importantes colaborações internacionais. A colaboração internacional de maior destaque aconteceu durante o Projeto TAU - uma colaboração entre o LFP-IFUSP, o Massachusetts Institute of Technology (MIT), o Swiss Plasma Center e a EUROfusion. Nessa colaboração, foram construídos avançados amplificadores de radiofrequência para o tokamak JET - o maior

tokamak em operação no mundo. Após transferência de tecnologia, esses amplificadores foram comercializados pela empresa nacional POLITRON - nove unidades foram vendidas para o MIT (um pedido de aproximadamente R\$ 1,6 milhão). Além disso, os resultados produzidos no LFP foram considerados meritórios de serem incluídos na lista "All-the-World's Tokamaks" ([www.tokamak.info](http://www.tokamak.info)).

Como pode ser visto, a fusão nuclear tem se tornado uma área de pesquisa e desenvolvimento tecnológico de extrema importância tanto no cenário internacional quanto no cenário nacional, oferecendo uma promissora alternativa para suprir nossas necessidades energéticas.

#### **4. Prognóstico de potenciais candidatos para uma vaga de docente para o Laboratório de Física de Plasmas do IFUSP**

Existem hoje sabidamente pelo menos 4 pesquisadores trabalhando na Europa e nos EUA que demonstraram interesse em se candidatar a vaga: Diego Sales de Oliveira (Swiss Plasma Center, Suíça); Gilson Ronchi (Oak Ridge National Laboratory, EUA); Gustavo Grenfell (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Alemanha); e Paulo Giovane Paschoali Pereira Puglia (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, França). Além desses, existem ainda outros potenciais candidatos trabalhando como pós-doutorandos no próprio IFUSP.

#### **5. Viabilidade da execução de projetos na área de pesquisa**

É esperado que o docente contratado lidere algumas linhas de pesquisa dentro do projeto de modernização do TCABR. Esse docente deverá, portanto, participar ativamente desse programa de pesquisa e contribuir, em particular, na análise e interpretação de dados experimentais e de simulações numéricas. Espera-se ainda que esse novo docente contribua significativamente para a formação de recursos humanos, de modo que esses venham a contribuir para o Programa Nacional de Fusão Nuclear e se tornar futuros usuários do TCABR modernizado. Espera-se ainda que o novo contratado submeta um projeto Jovem Pesquisador para a FAPESP para integrar o programa de desenvolvimento de fusão nuclear já iniciado no LFP-IFUSP. Isso não apenas impulsionará nossos esforços de pesquisa, mas também abrirá oportunidades para aplicações comerciais das tecnologias associadas.

#### **6. Justificativa para a atividade de ensino, cultura e extensão**

Além de sua contribuição direta ao programa de pesquisa descrito acima, espera-se também que o novo docente desempenhe um papel fundamental no ensino em nível de graduação e de pós-graduação, na disseminação de conhecimento científico, e em atividades de cultura e extensão por meio de apresentação de palestras para públicos leigos, de participação em bancas julgadoras etc. Além disso, espera-se ainda que o novo contratado colabore no desenvolvimento de um conjunto de sistemas experimentais a serem utilizados no ensino de física de plasmas e fusão nuclear.