

**PROPOSTA PARA CONTRATAÇÃO DE UM DOCENTE NA
ÁREA DE MATERIAIS SENSÍVEIS ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES E
FILMES FINOS MULTIFUNCIONAIS**

O Laboratório de Cristais Iônicos, Filmes Finos e Datação (LACIFID) tem a honra de apresentar à Comissão de Pesquisa do IFUSP (CPq-IF) a proposta de contratação de um docente **na área de materiais sensíveis às radiações ionizantes e filmes finos multifuncionais**.

O Laboratório de Cristais Iônicos, Filmes Finos e Datação (LACIFID) tem uma tradição de pesquisas inovadoras em todas as suas áreas de atuação. O último projeto temático financiado pela FAPESP, concluído em 2019, permitiu a atualização do parque de equipamentos multiusuários do laboratório para pesquisas avançadas na área de materiais com propriedades ópticas e elétricas como sensores de radiações ionizantes de última geração e aplicações em datação arqueológica e geológica. O laboratório conta também com financiamento internacional do Office of Naval Research – Global (ONR-G) dos EUA para as pesquisas em “Deposição assistida por feixes iônicos de filmes à base de óxido de gálio para aplicações de dispositivos de alta potência”. Essas pesquisas realizadas com materiais semicondutores à base de óxido de gálio permitirão desenvolver sistema compacto de alta potência, como interruptores de alta eficiência, dispositivos de radiofrequência e conversores que podem lidar com densidade de alta potência. Esse projeto de materiais semicondutores à base de óxido de gálio permitiu ainda a aprovação de um projeto no âmbito do “Edital de Projetos Integrados de Pesquisa em Áreas Estratégicas (PIP AE)”, da USP, para a “Produção e caracterização de filmes finos de óxidos multifuncionais para aplicação em dispositivos de alta potência”. O grupo do LACIFID tem uma tradição de registrar patentes de seus trabalhos. O Prof. Chubaci tem duas patentes concedidas e uma depositada e a Pós-Doc do grupo, Dra. Marina Sparvoli, tem 5 patentes concedidas e uma depositada. O depósito dessa última patente sobre memórias resistivas (ReRam) Memristores foi obtida recentemente e teve uma grande repercussão após publicação pelo Jornal da USP e entrevistas da Dra. Sparvoli a vários órgãos de imprensa. O LACIFID foi constituído inicialmente pelo Prof. Dr. Shiguelo Watanabe, Professor Titular aposentado, e pelo Prof. Dr. Masao Matsuoka, Professor Associado, que teve que se aposentar em 2022 por problemas de saúde. Infelizmente o Prof. Shiguelo Watanabe faleceu em novembro de 2023 deixando uma grande lacuna no desenvolvimento dos trabalhos do grupo de

pesquisa. Assim o único membro ativo do grupo é o Prof. José Fernando Diniz Chubaci, Professor Doutor, que assumiu todas as formalidades do grupo.

O parque de equipamentos do LACIFID construído com recursos da FAPESP e do ONR-G conta com equipamentos de última geração. Até o ano de 2019 trabalhávamos com um projeto temático da FAPESP que permitiu a atualização de equipamentos fundamentais para nossas pesquisas e muito importante para uso multiusuário por muitos pesquisadores do IF, da USP e de outras instituições. Dentre esses equipamentos cabe salientar que temos em operação um espectrofotômetro UV-VIS-NIR Cary 7000 produzido pela Agilent, um espectrofluorímetro Fluorolog 3 produzido pela Horiba, um leitor de radiofotoluminescência modelo Dose-ACE produzido pela Chiyoda Tecnhol do Japão e um espectrômetro de ressonância paramagnética eletrônica modelo *MiniScope MS 5000 produzido pela Magnostech* da Alemanha. Além desses novos equipamentos temos ainda dois leitores de termoluminescência e um leitor de luminescência opticamente estimulada. Com recursos da FAPESP construímos ainda um equipamento para produção de filmes finos por deposição assistida por feixes de íons (IBAD), com feixes de nitrogênio e argônio. Mais recentemente, com recursos do ONR-G, construímos um novo sistema IBAD com capacidade de produção de feixes de nitrogênio, argônio e de oxigênio.

1. Justificar a adição de um docente na área de pesquisa;

O LACIFID é formado por um docente, um servidor não docente de nível superior, uma pesquisadora pós-doc e vários alunos de iniciação científica, mestrado e doutoramento. Até recentemente o LACIFID contava com a participação do Professor Senior Shigueo Watanabe que faleceu no final do ano passado. O LACIFID tem um histórico de formação de pessoal na área de sensores de radiações ionizantes a partir de minerais de silicatos, datação arqueológica e geológica e na produção de filmes finos com aplicações em sensores e semicondutores.

A proposta de contratação de pelo menos um docente nesta área justifica-se pelos seguintes motivos:

- Historicamente o LACIFID contava com três docentes, dos quais um faleceu recentemente e outro se aposentou recentemente por problema de saúde, sem reposição dos claros.
- Embora com o quadro docente reduzido, o LACIFID tem mantido um conjunto expressivo de publicações, são destaques da área no Brasil com participação relevante na formação de bancas,

participação em concursos, convites para palestras, organização de eventos etc. Esse fato tem sobrecarregado sobremaneira os docentes nos últimos anos.

- A introdução de novas tecnologias tem impulsionado fortemente esta área em todo o mundo. Assim, um novo docente deverá colaborar com a manutenção das pesquisas atuais, bem como introduzir novas linhas de pesquisas relevantes.

2. Impacto da contratação no âmbito do Instituto de Física

A formação de pessoal de nível superior nas áreas associadas ao desenvolvimento de materiais sensíveis às radiações e à produção de óxidos multifuncionais é bastante ativa na história do LACIFID, com a formação de mestres e doutores em áreas correlatas. Muitos destes egressos ocupam, atualmente, posições de destaque em outras Universidades, Institutos de Pesquisa e na iniciativa privada. O parque de equipamentos do LACIFID oferece condições de desenvolvimento de trabalhos científicos em várias áreas e a contratação de um docente garantiria a continuidade dessas pesquisas e a disponibilização desse conjunto de equipamentos para toda a comunidade do IF, USP e outras entidades. É fundamental essa contratação para garantir a integridade do parque de equipamentos para o Instituto de Física e o seu compartilhamento como equipamentos multiusuários. A rápida evolução tecnológica na área exige a introdução de novas linhas de pesquisa e a colaboração de especialistas para manter o ritmo de inovação. O impacto da contratação de um novo docente seria significativo para o Instituto de Física, uma vez que o LACIFID desempenha um papel fundamental na formação de pessoal qualificado em áreas estratégicas, além de disponibilizar seu parque de equipamentos para toda a comunidade acadêmica

3. Relevância atual da área de pesquisa (nacional e internacionalmente);

A radiação tem desempenhado um papel central no desenvolvimento tecnológico em diversos campos, em particular em áreas estratégicas tecnológicas nuclear e de saúde. Por exemplo, todos nós desfrutamos dos benefícios da radiação, tanto para diagnósticos como radiografias quanto para terapia como tratamento de câncer. Por outro lado, o mundo também testemunhou situações graves associadas à exposição à radiação, como explosões de bombas e acidentes nucleares. Portanto, é necessário desenvolver métodos para a determinação quantitativa da energia depositada em um determinado meio por radiações direta ou indiretamente ionizantes. Dentro desse contexto, é necessário desenvolver metodologias e materiais para verificar se as doses absorvidas por seres humanos ou em ambientes

são adequadas a cada situação. O desenvolvimento de detectores funcionais e de baixo custo é uma das ferramentas utilizadas para este fim. Por exemplo, é particularmente importante garantir que a dose correta seja administrada num tratamento de câncer, assim como controlar a exposição à radiação que os astronautas receberão durante longas viagens espaciais interplanetárias.

Atualmente, há vários grupos de pesquisa no Brasil e no mundo preocupados com o desenvolvimento de materiais para dosimetria, assim como de protocolos de utilização desses dosímetros. Segundo a literatura, algumas características são consideradas desejáveis para se obter um bom dosímetro: (i) respondem a uma ampla faixa de doses; (ii) possuem uma alta sensibilidade para uso em dosimetria pessoal e médica, bem como em monitoramento de radiação ambiental; (iii) têm possibilidade de fabricação de um leitor pequeno e fácil de ser carregado; (iv) serem mecanicamente resistentes para que não haja problemas no manuseio diário e terem baixo custo; (v) apresentarem pouca ou quase nenhuma dependência energética para os tipos de radiações a serem trabalhadas; (vi) possuírem independência na resposta para o tempo decorrido entre a irradiação e a realização da medição do dosímetro; (vii) não serem tóxicos para organismos vivos. Porém, em geral, nenhum material atende perfeitamente a todos os requisitos, abrindo possibilidades para o uso de diversos tipos de materiais dosimétricos, com o auxílio de diferentes técnicas e adequados para diferentes fins, possuindo vantagens e desvantagens uns em relação aos outros.

No Laboratório de Cristais Iônicos, Filmes Finos e Datação (LACIFID), minerais de silicato natural têm sido objeto de investigação em relação aos seus centros de cor, propriedades de Ressonância Paramagnética Eletrônica (EPR) e Termoluminescência (TL), particularmente sob radiação. Muitos desses minerais mostraram uma alta sensibilidade TL, especialmente para altas doses de radiação (da ordem de kGy até MGy). Por outro lado, para aplicações médicas, são utilizadas doses de radiação muito baixas e só alguns minerais naturais de silicato têm mostrado sensibilidade neste nível de radiação, como o quartzo verde ou quartzo azul. No laboratório também são produzidos policristais sintéticos de CaSiO_3 não dopados e dopados com Eu, Dy, B, Cd, Ag pelo método de devitrificação, para seu estudo como detectores de radiação gama, nêutrons e íons acelerados. Estes policristais de silicato de cálcio têm mostrado serem muito sensíveis na detecção de dose de radiação gama de uma fonte de Co-60, fonte de Cs-137 e de Raios X de 40 e 80 keV, da ordem de mGy até centenas de kGy. Os vidros de silicato de cálcio dopado com prata têm demonstrado uma alta potencialidade para o desenvolvimento de dosímetros de radiofotoluminescência (RPL). A resposta RPL de uma amostra exposta à radiação ionizante não decai mesmo após a leitura de sua dose. Essa propriedade da dosimetria RPL está em estudo e novos dosímetros estão em desenvolvimento no LACIFID em colaboração com pesquisadores da Universidade de Osaka e da Chiyoda Technol

Corporation do Japão. O método de dosimetria RPL tem conseguido grandes avanços nessa área de aplicação que a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) definiu esse como o método padrão de levantamentos dosimétricos em suas instalações em Viena.

4. Prognóstico de potenciais candidatos;

A busca por potenciais candidatos na área de materiais sensíveis às radiações e filmes finos multifuncionais revela uma paisagem vibrante e diversificada, tanto no cenário nacional quanto internacional. No Brasil, diversos grupos de pesquisa têm se destacado por sua atuação dedicada nesse campo, formando doutores e conduzindo estudos avançados que contribuem significativamente para o avanço científico. Universidades renomadas, institutos de pesquisa e centros de excelência têm investido em pesquisas multidisciplinares que abrangem desde a síntese e caracterização de novos materiais até a aplicação prática em dispositivos e tecnologias inovadoras.

Essa riqueza de recursos humanos qualificados sugere uma ampla base de profissionais talentosos que poderiam agregar valor ao LACIFID. Dentre esses potenciais candidatos, destacam-se pesquisadores com experiência em síntese de materiais, modificação de propriedades, caracterização avançada e eventual aplicação tecnológica. Profissionais com conhecimentos em materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos, quânticos, híbridos e compósitos, tanto em suas formas mono/nano quanto policristalinas, são especialmente relevantes para as necessidades do laboratório.

Além disso, a colaboração internacional é uma fonte promissora de talento. Universidades estrangeiras de destaque e centros de pesquisa de renome têm se destacado na pesquisa em materiais sensíveis às radiações e filmes finos multifuncionais. A troca de conhecimento e experiência com essas instituições pode enriquecer significativamente o ambiente acadêmico e científico do LACIFID, trazendo perspectivas e abordagens inovadoras para os desafios existentes.

Portanto, o LACIFID possui um vasto campo de potenciais candidatos a serem considerados para a contratação de um novo docente. A diversidade e a qualidade desses profissionais refletem o dinamismo e a relevância da pesquisa nessa área, oferecendo ao laboratório a oportunidade de fortalecer suas equipes e impulsionar ainda mais suas atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

5. Viabilidade da execução de projetos na área de pesquisa;

O LACIFID desenvolve pesquisas em duas áreas principais que são combinadas no uso das técnicas de análise. Para o desenvolvimento dos estudos de materiais sensíveis a radiações, minerais e vidros possui um laboratório de preparação de amostras com um forno de alta temperatura até 1700°C, dois fornos de 1400°C e 4 fornos até 1200°C, serra de diamante para corte de cristais, sistema de polimento e lapidação de cristais. Para análise desses materiais possui um leitor de termoluminescência, um leitor de dosímetros RPL, um espectrômetro de EPR, um detector de Ge:Li para contagem de partículas alfa, um espectrofotômetro UV-VIS-NIR para medidas de absorção óptica por transmitância, um espectrofotômetro UV-VIS-NIR para medidas de absorção óptica por transmitância e por reflectância e um espectrofluorímetro UV-VIS-NIR. O laboratório possui ainda um sistema de produção de filmes finos por deposição assistida por feixe de íons (IBAD) com capacidade de bombardeamento por feixes de oxigênio, nitrogênio e argônio para a produção de filmes finos como sensores e semicondutores.

O LACIFID capta recursos internos e externos a partir de agências de fomento que justificam a necessidade de ter um novo docente que auxilie nas demandas atuais de pesquisa. Ilustramos abaixo alguns projetos de pesquisa recentes. O Prof. Shiguelo Watanabe liderava os projetos submetidos à FAPESP e o Prof. Chubaci ampliava a atuação em busca de outros tipos de financiamento.

- Projeto Temático – FAPESP. Geocronologia do quaternário da costa sudeste e sul do Brasil. Coordenador Prof. Shiguelo Watanabe, Pesquisador Principal, Prof. José Fernando Diniz Chubaci. 2015 a 2019. Aproximadamente 1,5 milhões de reais. Financiador: FAPESP projeto Temático.
- Projeto Office of Naval Research - Global (ONR-G). Development of gallium oxides films produced by ion assisted deposition for multifunctional applications. Coordenador: José Fernando Diniz Chubaci, 2018 a 2026, US\$ 390000, Financiador: ONR-G - auxílio financeiro.
- Projeto aprovado no âmbito do EDITAL DE PROJETOS INTEGRADOS DE PESQUISA EM ÁREAS ESTRATÉGICAS (PIPAE) - Reitoria USP. Produção e caracterização de filmes finos de óxidos multifuncionais para aplicação em dispositivos de alta potência. Coordenador: José Fernando Diniz Chubaci, 2021-2023, R\$ 192.000,00. Universidade de São Paulo - auxílio financeiro.

6. Justificativa para atividades de ensino, como também de cultura e extensão.

Ensino de graduação: Como todo o corpo docente do IF, os docentes do LACIFID ministram disciplinas ofertadas pelo IF para diversos cursos da USP, conforme atribuições da CG/IF. A contribuição de um novo docente nesta área será imediata.

Ensino de pós-graduação: Além dos aspectos apresentados no item anterior, espera-se deste novo docente que oriente estudantes de graduação, pós-graduação e que atraia pós-doutorandos que potencializem a realização de investigações na fronteira do conhecimento nessas áreas, bem como aumente a produção de artigos científicos em revistas de alto fator de impacto.

Extensão: É esperado que o novo docente atue intensamente tanto nas áreas de pesquisa desenvolvidas pelo LACIFID quanto nas atividades de extensão do IFUSP. Cabe ressaltar que no Parecer sobre o Relatório de Avaliação da Unidade (IF, 2018-2022) ressalta-se que “...a Unidade deveria discutir seriamente como expandir a Extensão para além das ações de popularização da ciência. Há evidente potencial em cursos de extensão e convênios de consultoria que poderiam ser explorados. A forte ênfase na pesquisa, apesar de justificável, deveria ser equilibrada frente às outras atividades-fim (em particular ensino de graduação e pós-graduação) que pode ser benéfico inclusive para a pesquisa, com base na indissociabilidade ensino, pesquisa e extensão.” Desta forma, entendemos que o novo docente deve atuar, de forma equilibrada, tanto no apoio às atividades de pesquisa, quanto de extensão.

É esperado que o novo docente atue intensamente em, pelo menos, uma destas áreas, assumindo parte das responsabilidades no âmbito da organização do Laboratório de Cristais Iônicos, Filmes Finos e Datação - LACIFID. Além das atividades de pesquisa, o novo docente teria um papel fundamental no ensino de graduação e pós-graduação, bem como em atividades de extensão, contribuindo para a formação de futuros pesquisadores e promovendo a integração entre ensino, pesquisa e extensão.

Em suma, a contratação de um novo docente na área de materiais sensíveis às radiações e filmes finos multifuncionais fortaleceria o LACIFID e contribuiria significativamente para o avanço da pesquisa científica no Instituto de Física da USP

Docente proponente:

José Fernando Diniz Chubaci (LACIFID)