

Departamento de Física Nuclear

+55 11 3091-6760 / secdfn@if.usp.br



DFN0232019IF

EMY/zd

São Paulo, 09 de maio de 2019.

Sr. Presidente,

Encaminho para as providências necessárias, a proposta de area do DFN para as vagas de ingresso, professor doutor MS-3.

Atenciosamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Elisabeth Mateus Yoshimura', is written over a faint, light blue horizontal line.

Profa. Dra. Elisabeth Mateus Yoshimura
Chefe do Departamento de Física Nuclear

**Ilmo Sr.
Prof. Dr. Adriano Mesquita Alencar
Presidente da Comissão de Pesquisa
Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Prezado Prof. Dr. Adriano Mesquita Aguiar,
Presidente da Comissão de Pesquisa do IFUSP.

O Conselho do Departamento de Física Nuclear (DFN) vem fazer solicitação relativa à área de pesquisa para o preenchimento de uma vaga de ingresso de Professor Doutor (MS3), como segue:

Física Aplicada com Feixes Iônicos e Radiação, modalidade experimental, nas seguintes especialidades:

- Física Médica e Dosimetria de Radiações.
- Física Aplicada com Aceleradores de Partículas e Arqueometria.
- Cristais Iônicos e Datação Arqueológica e Geológica.

Disciplinas:

4302313 - Física Experimental V

4302311 - Física Quântica

4300437 - Física das Radiações I

Departamento Hospedeiro: DFN.

Breve Histórico

O DFN é um departamento temático em que a maioria dos docentes realiza pesquisa em uma ou mais de três grandes linhas, a saber:

1. Física Nuclear de Baixas Energias,
2. Física Nuclear de Altas Energias e Física de Partículas,
3. Física Aplicada com Feixes Iônicos e Radiações.

O DFN foi pioneiro no IFUSP na implantação de um grupo de pesquisa em Física Aplicada na década de 70. Este grupo introduziu no país a Dosimetria Termoluminescente, e continua liderando nacionalmente esta área. As aplicações na área de Física Médica no Brasil tiveram início em 1969, através do curso de Física das Radiações na graduação do Bacharelado em Física do IFUSP. Durante as últimas quatro décadas, a área se desenvolveu e modernizou, com a aquisição de instrumentação de última geração e incorporação de novas competências, através de colaborações, parcerias e especialização de docentes e corpo técnico. Mais recentemente, o DFN abriu novas especialidades de pesquisa em Física Aplicada com o uso de fontes iônicas e aceleradores de partículas, que têm aplicação em várias áreas interdisciplinares.

Dentro da área de Física Aplicada, vários grupos de pesquisa do DFN trabalham nas seguintes especialidades: Física Médica e Dosimetria de Radiações, Física Aplicada com Aceleradores de Partículas, Arqueometria e Datação.

Até recentemente, as vagas de MS3 do IFUSP eram distribuídas aos departamentos, que determinavam as áreas de pesquisa correspondentes de acordo com suas próprias políticas científicas. Neste contexto, o DFN gerenciava suas vagas conforme as necessidades e méritos das linhas acima mencionadas. Por decisão do Conselho do DFN, a próxima vaga que coubesse ao departamento seria destinada à

linha 3: Física Aplicada com Partículas e Radiações. Entretanto, atualmente as vagas de MS3 não são mais distribuídas aos departamentos, mas sim delineadas no contexto da Congregação, com subsídio da CPQ. Desta forma, o Conselho do DFN solicita que uma vaga seja aberta na área supracitada.

Queremos também enfatizar que esta é a primeira prioridade do DFN para contratação de docentes. Assim como outros departamentos, o DFN vem perdendo docentes principalmente devido a aposentadorias. Assim, nos próximos cinco anos iremos necessitar de novas vagas, em Física Aplicada e também nas outras áreas de atuação do departamento, para manter a produtividade de nossas linhas de pesquisa.

Justificativa científica, incluindo o impacto nacional e internacional na geração de conhecimento em ciência.

A seguir apresentamos justificativa na forma solicitada pela CPQ, para cada uma das especialidades sugeridas na presente proposta.

1) Física Médica, Dosimetria das Radiações e Datação

A Física Médica ao lado da Dosimetria das Radiações é o ramo da física que compreende a aplicação dos conceitos, leis, modelos, agentes e métodos para a prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças, desempenhando uma importante função na assistência médica, na pesquisa biomédica e na otimização da proteção radiológica. A geração de conhecimento nessas especialidades tem contribuído de forma relevante em diversas áreas, permitindo uma conexão importante e produtiva entre a física fundamental e suas aplicações.

Como exemplo do impacto da geração de conhecimento, tomando como base somente a revista científica de mais alto fator de impacto na área de Física Médica (*Physics in Medicine and Biology* – 2.655/2017), entre os artigos mais citados nos últimos anos encontram-se trabalhos demonstrando resultados de aplicações de detectores Cherenkov para a melhoria de desempenho de sistemas de tomografia por emissão de pósitrons (R Ota *et al*, 2019, Phys. Med. Biol. 64 07LT01); uso de luminescência e radiobioluminescência (Justin S Klein *et al*, 2019, Phys. Med. Biol. 64 04TR01) e utilização das equações de transporte de Boltzmann para o cálculo de doses absorvidas em técnicas de radioterapia (James L Bedford, 2019, Phys. Med. Biol. 64 02TR01). Há também um forte avanço em áreas com interfaces interdisciplinares, como o uso de computação de alto desempenho, aprendizado de máquina e redes neurais para a melhoria de eficiência em sistemas de produção de imagens (Chang Min Hyun *et al*, 2018, Phys. Med. Biol. 63 135007, e Kuan-Hao Su *et al*, 2018, Phys. Med. Biol. 63 125001), e em melhorias de modernas técnicas terapêuticas (P Gueth *et al*, 2013, Phys. Med. Biol. 58 4563). Muitas outras conexões entre a física básica e suas áreas interdisciplinares podem ser observadas em outras revistas importantes da área, tais como a *Medical Physics*, a *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, a *Radiation Physics and Chemistry*, entre outras.

No Brasil existem diversas universidades e institutos de pesquisa que desenvolvem trabalhos importantes e com relevância nacional e internacional. Boa parte dos pesquisadores atuantes no país provém de áreas correlatas da física, como a instrumentação nuclear, a física do estado sólido e o magnetismo, entre outras. Estes

pesquisadores traçaram rotas em suas carreiras que encontraram, nas aplicações em medicina e em outras áreas das aplicações das radiações, um campo fértil para a conexão de suas pesquisas com aplicações importantes para a sociedade. Assim, o impacto nacional da geração de conhecimento nesta área vem de encontro ao aumento da competitividade do país em áreas de fronteira da Física Médica e da Dosimetria das Radiações, que possam atrair parcerias e investimentos para a pesquisa, bem como de novos talentos que apoiem o desenvolvimento de pesquisa aplicada em alto nível. Os resultados dessas pesquisas podem, futuramente, convergir para procedimentos e tecnologias que possam ser empregados na Medicina e na Dosimetria das Radiações, com claros impactos positivos e imediatos para a sociedade.

2) Física Aplicada com Aceleradores de Partículas e Arqueometria

A área de pesquisa em Física Aplicada com o uso de Fontes Iônicas e Aceleradores de Partículas foi implementada no DFN no final do século passado e vem aumentando seu leque de aplicações, atuando em uma grande variedade de áreas interdisciplinares, como arqueometria e ciências aplicadas ao patrimônio cultural, estudo dos efeitos da radiação ionizante em dispositivos eletrônicos, e no estudo de novos materiais.

Os aceleradores de partículas e fontes iônicas do DFN têm sido extensivamente utilizados na caracterização, modificação e produção de materiais, assim como no estudo de peças arqueológicas e artísticas e no estudo de circuitos eletrônicos quanto a sua tolerância à radiação ionizante. Para o desenvolvimento dos métodos analíticos, assim como sua aplicação na análise de materiais, o Grupo de Física Aplicada com Aceleradores (GFAA) utiliza a extensa infraestrutura experimental instalada no IFUSP. O acelerador Pelletron do LAFN é utilizado frequentemente pelo GFAA para análises e modificações de materiais, bem como na irradiação de dispositivos eletrônicos. O grupo também utiliza frequentemente o LAMFI (Laboratório de Análises de Materiais por Feixes Iônicos), estrutura interdepartamental do IFUSP, cuja linha de feixe externo foi construída pelo próprio grupo, com o objetivo de analisar e estudar materiais de grandes dimensões e diferentes formas, principalmente na área de patrimônio cultural.

Desde 2010, o GFAA tem ampliado suas atividades através do uso de equipamentos portáteis para a caracterização elementar e composicional de materiais e montou o Laboratório de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural (LACAPC). Esse laboratório tem como principal objetivo o estudo e a caracterização de objetos artísticos e históricos utilizando equipamentos portáteis. Entre as técnicas utilizadas, estão as espectroscópicas de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF), Raman e FTIR (Infravermelho com Transformada de Fourier) e a de imageamento multispectral nas regiões do visível, ultravioleta, infravermelho e RX (radiografia digital portátil). Dada as demandas de trabalho nesta temática, o LACAPC recebeu do IFUSP em 2014 uma área de 54m² para a instalação do referido laboratório.

As atividades desenvolvidas nesta temática envolvem uma grande parceria com os museus e institutos da USP (MAE, MAC, MZ, MP e IEB), que estão concentradas em um núcleo de pesquisa da USP: NAP-FAEPAH "Núcleo de Apoio a Pesquisa de Física Aplicada ao Estudo do Patrimônio Artístico e Histórico". As atividades de pesquisa vão

também além dos museus da USP e se estendem aos museus do Estado de São Paulo como Museu Casa Portinari, Pinacoteca do Estado, Museu do Palácio do Governo, MASP, etc. As atividades relacionadas ao estudo do patrimônio cultural têm uma grande visibilidade na sociedade dada à necessidade de salvaguarda de seu patrimônio histórico cultural.

O grupo também utiliza dois implantadores (70 e 300 kV), localizados no Laboratório de Implantação Iônica do DFN, onde se realizam implantações de diversos íons em materiais, o que permite o estudo de modificação das características de diversas superfícies ou propriedades físicas das amostras irradiadas. As implantações iônicas modificam as superfícies de polímeros e permitem alterações destes para torná-los biocompatíveis, por exemplo. O implantador de 300 kV está sendo adaptado para trabalhar com a técnica AMS (Accelerator Mass Spectrometry) usada principalmente na área de datação por ^{14}C . Essa área de datação usando aceleradores tem se desenvolvido muito nas últimas décadas, principalmente devido a demanda de pesquisadores de outras áreas da ciência. Parte desse desenvolvimento está direcionada a minimizar o custo para análise. O projeto envolvendo nosso implantador está inserido na versão mais moderna atualmente utilizada para essa finalidade.

As atividades de irradiação de dispositivos eletrônicos contam com colaborações com diversas instituições externas à universidade, para investigar danos provocados por radiação nesses dispositivos. Dentre elas, pode-se destacar o Projeto CITAR (Circuitos Integrados Tolerantes à Radiação), apoiado pelo MCTIC, que se dedica a projetar e produzir circuitos integrados tolerantes à radiação, no qual o DFN é responsável pela investigação dos danos relacionados por dose total, como variações no funcionamento ou operação desses dispositivos devido à interação com uma única partícula. O Projeto CITAR realiza experimentos em todos os aceleradores de íons do IFUSP, e tem especial interesse na finalização da instalação do acelerador LINAC, que permitirá uma independência em relação à caracterização completa de novos projetos de dispositivos eletrônicos.

Panorama geral da área em nível nacional e internacional

1) Física Médica, Dosimetria das Radiações e Datação

Atualmente a Física Médica e a Dosimetria das Radiações são áreas da ciência que aplicam os fundamentos físicos de múltiplas técnicas terapêuticas, proporcionando a base científica para a compreensão e desenvolvimento das modernas tecnologias que têm revolucionado o diagnóstico médico. Também estabelecem os critérios para a correta utilização dos agentes físicos empregados em Medicina. Estes fundamentos físicos são aplicados, principalmente, nas áreas de Radiologia Diagnóstica e Intervencionista, Medicina Nuclear, Radioterapia, Radiocirurgia, Proteção Radiológica, Metrologia das Radiações Ionizantes, Biomagnetismo e Radiobiologia Clínica e epidemiológica. De forma mais geral, a Dosimetria das Radiações também possui aplicações importantes em outras áreas, tais como na indústria, com ensaios não destrutivos usando feixes de radiação, em segurança, com inspetores de bagagens em aeroportos, e na irradiação de alimentos.

No panorama atual, os profissionais de Física Médica e de Dosimetria das Radiações são indispensáveis na utilização adequada e segura de tecnologias de ponta

como: aceleradores lineares clínicos, tomógrafos, sistema de braquiterapia de alta taxa de dose, tomógrafos de ressonância magnética, assim como na garantia da qualidade dos serviços de saúde prestados à sociedade. Em nível internacional, estas áreas agregam profissionais ou grupos de profissionais em entidades reconhecidas, tais como a *International Organization of Medical Physics* (IOMP), a *International Atomic Energy Agency* (IAEA), a *International Radiation Protection Association* (IRPA) e a *International Union of Pure and Applied Physics* (IUPAP). Regionalmente, são importantes entidades a *European Federation of Organisations for Medical Physics* (EFOMP), a *American Association of Medical Physicists* (AAPM) e a *Asociación Latinoamericana de Física Médica* (ALFIM). No Brasil, os profissionais dessas áreas concentram-se, principalmente, na Associação Brasileira de Física Médica (ABFM) e na Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica (SBPR).

Assim, a formação adequada de profissionais desta área representa uma contribuição muito importante da Universidade à sociedade. Esses profissionais foram recentemente reconhecidos pela Organização Mundial do Trabalho na *International Standard Classification of Occupations* (https://www.iomp.org/wp-content/uploads/2019/02/iomp_guidance_on_isco-08.pdf) e, mais recentemente, no Brasil, após a promulgação da lei nº 13691 de 10 de julho de 2018 (<http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/acontece/740-promulgada-a-lei-que-regulamenta-a-profissao-de-fisico>). Deve-se destacar que, tanto em nível internacional quanto nacional, há programas de certificação de profissionais nestas áreas, em especial o organizado pelo *International Medical Physics Certification Board* e pela Associação Brasileira de Física Médica.

Contudo, dada a demanda importante de profissionais com formação em física para atuação direta em instituições médicas, seja na área de radioterapia seja em imagens, muitas instituições de ensino nacionais convergiram suas áreas de formação para bacharelados em Física Médica e programas da Residência em Física Médica. A formação desses profissionais, importante para o atendimento à demanda, tem como objetivo central a capacitação prática e o pensamento crítico para a atuação em unidades hospitalares, o que, muitas vezes, distanciam esses profissionais das áreas de pesquisa básica. Assim, encontra-se atualmente, no Brasil, uma lacuna importante que deve ser preenchida, que é a formação de profissionais de Física Médica e Dosimetria das Radiações com forte dedicação à pesquisa aplicada. Somente com a implantação de um ciclo de formação consistente nos próximos anos é que o Brasil poderá impulsionar sua independência produtiva nestas importantes áreas da Física aplicada à Medicina, Indústria, Agricultura, entre outras.

Os comentários acima demonstram a intensa contribuição que o cenário internacional e nacional de Física Médica e da Dosimetria das Radiações vem proporcionando para o desenvolvimento e aplicações dos conhecimentos em física. Assim, entende-se que a formação de recursos humanos voltados à pesquisa aplicada nesta área é uma contribuição importante de uma unidade de ensino, pesquisa e extensão como o IFUSP, pois é esta a demanda principal que é pouco atendida por outras universidades do país. Somente com a incorporação de um maior número de docentes com produção científica diversificada e com autonomia e independência para a produção de conhecimentos de alto nível, que tal meta poderá ser atendida pela USP. Cabe citar que o Grupo de Dosimetria das Radiações e Física Médica do DFN possui tradição e liderança nessas áreas do conhecimento, tendo formado

pesquisadores que vem desenvolvendo trabalhos de alto nível tanto no Brasil quanto no exterior, e que, para manter seus índices de produção, deve ter seu quadro docente ampliado.

2) Física Aplicada com Aceleradores de Partículas e Arqueometria

A área de pesquisa em Física Aplicada com o uso de fontes iônicas e aceleradores de partículas foi aberta no final do século passado no DFN e vem aumentando seu leque de aplicações atuando em uma grande variedade de áreas interdisciplinares, como arqueometria e ciências aplicadas ao patrimônio cultural, estudo dos efeitos da radiação ionizante em dispositivos eletrônicos, e na caracterização, modificação e produção de novos materiais. Essa diversidade de áreas interdisciplinares permite uma produção de conhecimento em ciência que extrapola a área de Física. Muitos dos trabalhos produzidos são publicados em revistas internacionais de diversos segmentos, sendo sempre importante a contribuição da área de física para o trabalho final.

Vários estudos na área de Arqueometria necessitam o desenvolvimento de novos arranjos experimentais que respondam as questões de pesquisadores de outras áreas, como por exemplo, composição e perfil de elementos nas superfícies de artefatos. Uma resposta precisa necessita do conhecimento das seções de choque de interação entre partículas ou radiação com a matéria, área de pesquisa comum a vários laboratórios internacionais. Problema similar é encontrado na área de desenvolvimento de dispositivos eletrônicos ou filmes finos, nos quais o conhecimento da estequiometria indica o melhor processo para obter os resultados desejados. Estudos de perda de energia em diferentes meios materiais são necessários para o perfeito entendimento do resultado de análises envolvendo diferentes técnicas. Em particular, nessa área simulações que usem dados experimentais são fundamentais. Diversos grupos desenvolvem e fornecem programas de análise que auxiliam nesse tipo de análise. Nosso grupo também desenvolveu um programa de análise (MULTISIMNRA) que está disponível para a comunidade científica mundial.

Na área de arqueometria e ciências aplicadas ao patrimônio cultural, o grupo tem desenvolvido vários trabalhos em parceria com os museus da USP e do Estado de São Paulo. Mundialmente, cada vez mais físicos, químicos, biólogos, arqueólogos, historiadores, conservadores, restauradores, etc, dialogam de forma interdisciplinar nos grandes museus do mundo como Louvre, Tate, MoMA, etc. Particularmente, novos projetos na Europa e Estados Unidos envolvem desenvolvimento e produção de nanomateriais para restauração de bens culturais, bem como discutem projetos de redes neurais para o aprendizado e reconhecimento de imagens do patrimônio cultural (*Deep Learning Techniques to Cultural Heritage Images*); e também projetos que envolvem plataformas integradas de infraestruturas de pesquisa em ciências do patrimônio (*IPERION CH, "Integrated Platforms for the European Research Infrastructure on Heritage Science" e E-RIHS, European Research Infrastructure on Heritage Science*). Particularmente o NAP-FAEPAH (Núcleo de Apoio a Pesquisa de Física Aplicada ao Estudo do Patrimônio Artístico e Histórico) da USP irá participar destas duas últimas plataformas.

A área de irradiação de dispositivos eletrônicos tem crescido nos últimos anos devido à diminuição no tamanho dos dispositivos eletrônicos, chegando a distâncias de

poucos nanômetros. Para essas distâncias, mesmo a carga depositada por um único íon pode induzir a geração de um pulso elétrico relevante para eletrônica de controle. Esse pulso pode modificar tanto uma informação como uma função controlada nesse dispositivo. Em nível mundial, vários laboratórios estão equipados para caracterizar dispositivos eletrônicos em relação a sua tolerância à radiação. Muitos deles cobram várias dezenas de milhares de dólares para a caracterização de um único dispositivo. A participação do nosso grupo no projeto CITAR permitiu instalar uma linha de feixe dedicada a este tipo de estudo, tornando nosso laboratório competitivo com laboratórios do exterior. A filosofia de colaboração científica empregada pelo grupo tem permitido o uso das nossas facilidades por grupos de pesquisa de diferentes instituições nacionais (principalmente universidades federais). Até mesmo grupos do exterior têm demonstrado interesse, como fica evidenciado pelo teste do chip SAMPA, que apesar de estar sendo desenvolvido por pesquisadores brasileiros é um projeto ligado a um arranjo experimental do CERN.

Desde os anos 90, o nosso grupo tem colaborado com um grupo maior formado por diversas universidades (UEL, UFF, USP) para planejar a instalação de aceleradores para a implementação da técnica AMS no Brasil. O interesse nesse tipo de medida pode ser notado pelo fato de que existem mais de 50 laboratórios no mundo que utilizam essa técnica, sendo que muitos se dedicam exclusivamente a esse tipo de análise. O resultado foi a aquisição de um primeiro acelerador, que foi instalado na UFF. No entanto, a demanda de amostras certamente comporta a instalação de pelo menos uma segunda infraestrutura.

Situação da área no IFUSP e justificativa para a adição de um docente.

1) Física Médica, Dosimetria das Radiações e Datação

No IFUSP, a área de Física Médica e Dosimetria das Radiações está concentrada, principalmente, no grupo de Dosimetria das Radiações e Física Médica (GDRFM) do DFN. Este Grupo, composto atualmente por dois docentes, cinco servidores não docentes, quatro alunos do programa de Residência em Física Médica e números flutuantes de alunos de graduação e pós-graduação, atua em diferentes áreas de pesquisa na fronteira da Física Médica:

- Desenvolvimento de materiais dosimétricos;
- Técnicas de dosimetria aplicadas à tomografia computadorizada e à mamografia;
- Espectrometria de raios X aplicada ao diagnóstico por imagens;
- Desenvolvimento de materiais radiologicamente equivalentes para aplicações em proteção radiológica;
- Técnicas de controle de qualidade e dosimetria aplicadas em modalidades de diagnóstico por imagens.

Além das atividades de pesquisa do grupo, destacam-se duas importantes contribuições de extensão universitária, ambas apoiadas em intensas atividades de pesquisa do GDRFM: o Serviço de Monitoração Individual Externa (SMIE) e o Programa de Garantia da Qualidade (PGQ). O SMIE realiza monitoramento da radiação ionizante,

individual e de área, desde 1981. Atualmente, cerca de 500 monitores de tronco e 50 de pulso são rotineiramente processados. Eles consistem em detectores baseados na dosimetria termoluminescente (TL) para radiação externa que, pelo monitoramento individual, representam a dose total do corpo recebida pelos trabalhadores. Os principais usuários pertencem aos Institutos de Química, de Física e de Biomedicina, o Hospital Veterinário e o Hospital Universitário da USP. O Serviço é credenciado pelo Comitê de Avaliação de Serviços de Pesquisa e Calibração do Comitê de Avaliação de Serviços de Ensaio e Calibração (CASEC), especialmente designados para este fim pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Já o Programa de Garantia da Qualidade consiste na aplicação de metodologias de avaliação de qualidade de imagens e de medição de doses, que permitem identificar se os equipamentos de diagnóstico por imagem estão sendo utilizados de forma adequada e segura por clínicas e hospitais. Essa metodologia foi desenvolvida e aperfeiçoada pelo GDRFM e serve de modelo para outros programas semelhantes distribuídos em todo o país. Atualmente, a metodologia é aplicada no Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas (INRAD) e no Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP), ambos vinculados à Faculdade de Medicina da USP. Essas instituições também têm sido parceiras em diversos projetos de pesquisa do GDRFM.

Em termos de infraestrutura, o GDRFM mantém duas instalações: o Laboratório de Dosimetria, onde se encontram parte das instalações experimentais do grupo, como leitores de dosímetros termoluminescentes e opticamente estimulados; e o Prédio das Fontes, onde fica, também, parte da infraestrutura de guarda e conservação da instrumentação do grupo. Nesse prédio encontram-se várias fontes radioativas que são utilizadas principalmente na calibração dos dosímetros utilizados no SMI e dos equipamentos de raios X, em projetos de pesquisa de materiais equivalentes a tecidos e materiais dosimétricos.

Por fim, a formação de pessoal de nível superior nas áreas associadas à Física Médica é bastante ativa no GDRFM, com formação de dezenas de mestres e doutores em áreas correlatas. Docentes do GDRFM ministram disciplinas que fomentam a formação de profissionais, como Física das Radiações, Física do Corpo Humano, Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes, entre outras. Ainda na área de formação de recursos humanos, o GDRFM é corresponsável pelo Programa de Residência em Física Médica na modalidade de diagnóstico por imagem, que oferece duas vagas anuais de treinamento teórico-prático, de acordo com a regulamentação do Ministério da Saúde para a formação de pessoal especializado para trabalhar como Físicos Médicos em hospitais.

Assim, as justificativas para a contratação de um novo docente nesta área são:

- A necessidade de aumento de competitividade nacional e, principalmente, internacional nas áreas de pesquisa de fronteira em Física Médica e Dosimetria das Radiações, conforme relatado nos itens anteriores. Esta necessidade se evidencia pela pouca atividade na formação de pesquisadores com alto grau de competitividade do Brasil, que possam apoiar a formação de recursos humanos qualificados e atrair recursos para desenvolvimento de projetos de pesquisa aplicada de alto nível nestas áreas do IFUSP;
- A recente adesão de novos programas de pesquisa e de atividades ligadas ao Programa de Residência em Física Médica no Grupo, que aumentou

significativamente a demanda de atividades de pesquisa, ensino e extensão dos atuais docentes;

- A necessidade de incorporação de novos docentes para suprir a aposentadoria de uma docente. De fato, faz dez anos que o último docente foi contratado no GDRFM.

2) Física Aplicada com Aceleradores de Partículas e Arqueometria

Os aceleradores de partículas e fontes iônicas de DFN têm sido extensivamente utilizados na caracterização, modificação e produção de materiais, assim como no estudo de peças arqueológicas e artísticas e no estudo de circuitos eletrônicos quanto a sua tolerância à radiação ionizante. Para o desenvolvimento dos métodos analíticos, assim como sua aplicação na análise de materiais, o Grupo de Física Aplicada com Aceleradores (GFAA) utiliza a extensa infraestrutura experimental instalada no IFUSP, bem como tem trabalhado ativamente nas atividades de desenvolvimento de novas instrumentações e equipamentos para atender as demandas desta temática.

O acelerador Pelletron do LAFN é utilizado frequentemente pelo GFAA para análises e modificações de materiais, bem como na irradiação de dispositivos eletrônicos. Em particular, uma nova infraestrutura foi instalada na canalização zero graus do laboratório Pelletron para essa finalidade. O grupo também utiliza frequentemente o LAMFI (Laboratório de Análises de Materiais por Feixes Iônicos), estrutura interdepartamental do IFUSP, cuja linha de feixe externo foi construída pelo grupo, com o objetivo de analisar e estudar materiais de grandes dimensões e diferentes formas, principalmente na área de patrimônio cultural. Nessa linha foi instalada uma mesa robotizada para escaneamento 3D de objetos de escala macroscópica, com precisão de micron e autofoco, cujo projeto e construção foram idealizados pelos membros do GFAA.

Recentemente, o grupo ampliou suas atividades através do uso de equipamentos portáteis para a caracterização elementar e composicional de materiais e montou o Laboratório de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural (LACAPC). Criado em 2010, o laboratório de Arqueometria tem como principal objetivo a caracterização de objetos artísticos e históricos utilizando equipamentos portáteis. Entre as técnicas utilizadas, estão a de fluorescência de raios X (EDXRF), a de espectroscopia Raman e a de imageamento nas regiões do visível, ultra-violeta e infravermelho.

O GFAA também utiliza dois implantadores localizados no Laboratório de Implantação Iônica do DFN, onde se realizam implantações de diversos íons em materiais, o que permite o estudo de modificação das características de diversas superfícies ou propriedades físicas das amostras irradiadas. As implantações iônicas modificam as superfícies de polímeros e permitem alterações destes para torná-los biocompatíveis, por exemplo. As atividades de irradiação de dispositivos eletrônicos contam com colaborações com diversas instituições externas à universidade, para investigar danos provocados por radiação nesses dispositivos. Dentre elas, pode-se destacar o Projeto CITAR (Circuitos Integrados Tolerantes à Radiação), apoiado pelo MCTIC, que se dedica a projetar e produzir circuitos integrados tolerantes à radiação, no qual o FNC é responsável pela investigação dos danos relacionados por dose total, bem como variações no funcionamento ou operação desses dispositivos devido à interação com uma única partícula. O Projeto CITAR realiza experimentos em todos os

aceleradores de íons do IFUSP, e tem especial interesse na finalização da instalação do acelerador LINAC, que permitirá uma independência em relação à caracterização completa de novos projetos de dispositivos eletrônicos.

O grupo de física aplicada com aceleradores tem mostrado, nos últimos anos, uma liderança nacional, principalmente de infraestrutura e instrumentação na área de estudos do patrimônio cultural, tanto na pesquisa como na formação de pessoal e nas atividades de extensão universitária. Docentes do grupo ministram, rotineiramente, seminários de divulgação científica e cursos de extensão, com enfoque interdisciplinar, para a formação de novos profissionais nas áreas de história, arqueologia, conservação e restauro, etc. Esta grande demanda de trabalhos interdisciplinares e transdisciplinares exige grande comprometimento e necessidade de profissionais especializados nessas metodologias, com este olhar interdisciplinar, revelando assim a carência de mão de obra técnica nesta área. Os recursos aportados nesta área de pesquisa têm permitido a ampliação da instrumentação específica. No entanto, é vital para o desenvolvimento da área que haja uma ampliação de recursos para a infraestrutura e recursos humanos.

Devido à característica de investir em novos métodos e instrumentação, o grupo iniciou pesquisas em projetos como AMS, MALDI e SIMS acoplado a PIXE, que, apesar de resultados promissores, não puderam ser implementados por falta de recursos humanos. Ressaltamos que para, todas essas técnicas, foram obtidos investimentos para instalação da infraestrutura para a realização dos experimentos.

O grupo tem formado alunos em pós-graduação de maneira consistente nos últimos anos. Muitos desses pesquisadores fizeram parte dos seus trabalhos em laboratórios no exterior, sendo que alguns continuam sua vida acadêmica nesses laboratórios devido à boa formação obtida em nosso grupo.

O número de professores existente nos grupos aplicados é insuficiente para explorar todas as possibilidades da infraestrutura instalada no instituto de Física. O aumento na demanda das linhas de pesquisa implementadas recentemente, bem como a falta de contratações no corpo técnico, aliados à perda imposta pela atual política salarial da universidade, está prejudicando o crescimento da área de aplicações da física, bem como a utilização adequada dessa infraestrutura.

Interface da área com os grupos existentes no IFUSP

A área de pesquisa em Física Médica e Dosimetria das Radiações tem interfaces além do DFN, em especial com o Departamento de Física Experimental, onde recentemente participou de um NAP. Além disso, dada sua interdisciplinaridade, existe um ambiente propício para parcerias com todos os grupos que exploram as fronteiras entre a Física e a Biologia e a Medicina, além da instrumentação nuclear. Neste sentido, o GDRFM possui parcerias importantes externas ao IFUSP, tais como a Faculdade de Medicina da USP, com a organização e co-gestão do Programa de Residência em Física Médica, e com importantes programas de pesquisa em andamento. Cabe citar, também, o IPEN, no qual o Grupo foi parceiro em no INCT-Metrologia das Radiações Ionizantes em Medicina. Diversas outras parcerias e iniciativas nas áreas de pesquisa do GDRFM em andamento poderiam ser citadas.

Caso uma vaga docente seja contratada para fortalecer o GDRFM, há pouca necessidade de infraestrutura em curto prazo para o atendimento de projetos de

pesquisa nas áreas de atuação do grupo, sendo possível propiciar um ambiente produtivo logo no início das atividades do docente.

O GFAA é desde o início um grupo interdepartamental formado por pesquisadores e técnicos dos departamentos DFN e DFAP. Alguns de seus membros são responsáveis pela coordenação de três laboratórios no IFUSP:

- LAMFI – coordenado pelo Prof. Manfredo H Tabacniks (FAP)
- Laboratório de implantação iônica – coordenado pelo Prof. Nemitala Added
- LACAPAC – coordenado pela Profa. Márcia A Rizzutto

Experimentos envolvendo mais de um dos laboratórios são frequentes, indicando que as atividades do grupo são de interesse tanto do departamento DFN quanto da DFAP.

Análises de materiais ou filmes finos são realizadas rotineiramente no LAMFI (cerca de 1000 amostras/ano), atendendo diversos grupos de pesquisa, nos quais, como os maiores usuários externos, podem-se destacar o LMM do FMT e o Laboratório de Microeletrônica da Escola Politécnica. O laboratório também tem participado em pesquisas envolvendo interações de íons em baixa energia, colaborando tanto com pesquisadores do DFN como com pesquisadores de laboratórios internacionais, em que podemos citar o Hahn-Meitner Institut e o Uppsala University.

As atividades de pesquisa na área de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural teve início em 2003, através de uma parceria entre o IFUSP e o Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, e tem crescido muito nos últimos anos, principalmente devido a novas metodologias de caracterização de materiais, com a utilização de equipamentos portáteis que permitem ser utilizados para medidas in situ. Em especial, tem atendido demandas de diversos museus paulistas (Pinacoteca, MASP, MAC, MP, IEB, MAE), desenvolvendo técnicas para auxiliar no estudo e a análise de diferentes tipos de obras de arte, principalmente na área de recuperação de objetos arqueológicos, arqueobotânicos, etc, principalmente criando subsídios para a conservação preventiva e restauração do patrimônio cultural.

Dada à particularidade da interface multidisciplinar, o LACAPC atua ativamente com museus e instituições de patrimônio. No entanto, toda a infraestrutura existente no laboratório permite parcerias com os diferentes grupos de pesquisa do IFUSP, no estudo elementar e composicional de materiais, particularmente as estações de trabalho de espectroscopia Raman e FTIR são as únicas existentes no IFUSP.

As atividades de irradiação de dispositivos eletrônicos para investigar danos provocados por radiação contam com colaborações tanto com instituições externas à universidade, como a PUC-RS e a UFRGS, como com grupos da USP, como a análise do chip SAMPA, que está sendo desenvolvido por grupos do IFUSP e da Escola Politécnica para ser instalado em detectores no CERN. Essas atividades de irradiação foram iniciadas com a implementação do Projeto CITAR, projeto de encomenda do MCTIC/FINEP para analisar e projetar circuitos integrados tolerantes à radiação para utilização na área aeroespacial. Além do nosso grupo do IFUSP, participam do projeto FACTi – Renato Archer, INPE, IEAv, AEB, FEI, Mauá, cada um responsável por aspectos diferentes no desenvolvimento e testes desses dispositivos.

