

Sugestão para Prioridade de Área de Pesquisa para Concursos no IFUSP

Prof. Manfredo H. Tabacniks

Coordenador do Laboratório para Análise de Materiais por Feixes Iônicos - LAMFI-USP

Maio/2019

Física com Aceleradores de Baixa Energia e suas Aplicações no Estudo de Materiais

1) Justificativa

A Física com aceleradores tem menos de 100 anos. Após um vertiginoso e rápido desenvolvimento da pesquisa básica em Física Nuclear com o desenvolvimento dos enormes aceleradores e grandes colaborações, a tecnologia deles derivada e os aceleradores de baixa e média energia (agora com menor demanda em pesquisa básica) contribuíram com enormes avanços em inúmeras áreas do conhecimento. Em relatório de 2010 "*Accelerators for Americas Future*" o Departamento de Energia dos Estados Unidos argumentou (em tradução livre): "*Prosperidade, segurança, saúde, energia e meio ambiente são os desafios e as oportunidades que vão determinar o futuro da América. Além dos aceleradores usados em pesquisa, cerca de 30.000 aceleradores estão ativos em todo o mundo, em áreas que vão desde o diagnóstico e tratamento de doenças até processos industriais. Futuros aceleradores prometem oportunidades ainda maiores: alternativas mais ecológicas em processos industriais, energia nuclear mais segura, com menos desperdício, controle e limpeza de poluições no ar e na água; tratamentos de câncer direcionado com mínimos efeitos colaterais; e o desenvolvimento de novos materiais. Servirão também para inspecionar cargas e melhorar o monitoramento de testes de conformidade. Os aceleradores podem fortalecer a segurança do país.*"

Chernyaev (2014)¹ estima em 2014 haver cerca de 42200 aceleradores em operação no mundo. Desses, 64% são usados em processos industriais. 33% têm uso médico e apenas 3% são usados em pesquisas científicas. O mercado de aceleradores foi estimado por Hamm(2013)² em 2010, em cerca de US\$1,5G, com taxas de crescimento da ordem de 6% ao ano. Amaldi (2000) mostra que tecnologia de aceleradores nasce na pesquisa básica e evolui para todas as áreas do conhecimento. Conforme relatório da SBF⁴, a Física Nuclear no Brasil foi a primeira área de pesquisa de fronteira no país. Destaca-se a construção no Brasil, entre 1951 e 1954, de um acelerador eletrostático Van de Graaff com 3,5MV, que operou por 20 anos, formando grande número de físicos nucleares com relevante contribuição científica. Na sequência, em 1972 foi instalado o inédito acelerador Pelletron que colocou o Brasil na fronteira da Física Nuclear com aceleradores.

Para completar, vale citar o "ainda atual" artigo de John Rogers (1985)⁵. Em suas conclusões, afirma que os aceleradores de partículas no Brasil têm tido importante contribuição em física e em tecnologia. Todavia, enquanto os resultados de pesquisas estão em publicações consagradas, os resultados tecnológicos são mais difíceis de

quantificar, pois são conhecimentos acumulados, tais como a tecnologia de fontes de íons, desenvolvimentos de eletrônica, computação e controle, tecnologia do vácuo, radio-frequência de potência, etc. Roger também destaca que após o investimento inicial, poucos laboratórios conseguem manter recursos para custeio, consagrados internacionalmente em 10% a 20% do investimento inicial, por ano. Enquanto se busca a produtividade científica comparada com padrões internacionais, o mesmo não acontece com o custeio dos laboratórios.

Aceleradores de pequeno porte são excelentes Laboratórios para formação e treinamento de especialistas em métodos experimentais da física e correspondente tecnologia. Esse fato é reconhecido até pelos Laboratórios com grandes aceleradores, que sugerem o treinamento de pessoal especializado em pequenos Laboratórios, onde a instrumentação está mais acessível. Temos exemplo de grandes aceleradores, no Brasil (o LNLS em Campinas por exemplo) e no mundo, mas nesses laboratórios o pesquisador em geral é mantido longe do acelerador. Aceleradores como o Pelletron ou o LAMFI-USP são na realidade ambientes tecnológicos onde os pesquisadores podem desenvolver projetos de pesquisa e desenvolver a necessária instrumentação em harmonia com a operação do acelerador. Em particular, no acelerador Pelletron foi desenvolvida nos últimos anos instrumentação para teste de circuitos sob irradiação de íons energéticos, uma seção do Projeto CITAR (Circuitos Tolerantes à Radiação) encomendado pelo MCTIC em 2010 e em vias de ser renovado para mais quatro anos. Obteve-se em 2018 a primeira curva de seção de choque de um dispositivo MOSFET irradiado com íons no LAFN (Laboratório Aberto de Física Nuclear). Da mesma forma, o LAMFI vem sendo usado para análise de diversos materiais desde a década de 1990. Desde 1996, o LAMFI realiza mais de 3000 análises anualmente, para mais de 20 grupos ou unidades de pesquisa. Adicionalmente vários trabalhos recentes de física básica e instrumentação realizados no LAMFI tiveram ampla repercussão^{6, 7, 8}. Em particular, o programa MultiSIMNRA⁸ para análise auto consistente de múltiplos espectros, está hospedado no IFUSP e é distribuído para o mundo todo.

Acredito que a área de "Física com Aceleradores de Baixa Energia e suas Aplicações no Estudo de Materiais" é área ativa, promissora e, principalmente, estratégica. Aceleradores de partículas ainda são uma tecnologia em franco desenvolvimento e suas aplicações crescem dia a dia. O trabalho de Weisser⁹, descreve em detalhe as possibilidades futuras dos aceleradores eletrostáticos. Em especial cita o crescente uso do AMS (Accelerator Mass Spectrometry), um dos métodos mais sensíveis para quantificação isotópica, como incubador de novos desenvolvimentos na área. Feixes radioativos, aceleradores e fontes de íons com alta corrente são tópicos correntes na fronteira tecnológica e de pesquisa. O IFUSP foi berço do desenvolvimento de aceleradores entre 1950 e 1970 e é um dos poucos Institutos no Brasil que abriga aceleradores eletrostáticos em pleno funcionamento, utilizando-os tanto em ciência básica como em aplicações. Abrir mão desse conhecimento é um erro estratégico. Defendo fortemente a manutenção dessa área de pesquisas, atraindo novos e talentosos pesquisadores, técnicos especializados e recursos para novos desenvolvimentos. Citando Weisser⁹, a chave para o sucesso de laboratórios consagrados é baseada em três ingredientes: 1) excelência, empenho e espírito inovador do pessoal técnico, 2) a qualidade da equipe científica medida em padrões internacionais, mas construída em suas próprias instalações e 3) estreita colaboração entre a comunidade científica e técnica. O grifo "*em suas próprias*

instalações" é justificado pois o desenvolvimento local da pesquisa instrumental é o fator decisivo. A internacionalização da pesquisa é importante promotora de competitividade, mas é no desenvolvimento local da instrumentação que se acumula o conhecimento e o "know-how" experimental. Além disso, o desenvolvimento de instrumentação inédita oferece a primazia dos trabalhos com ela realizados, que por sua vez aumenta a divulgação do trabalho em reuniões científicas e em periódicos com alto fator de impacto.

O Grupo de Física Aplicada com Aceleradores, GFAA-IFUSP é presentemente composto por: Prof. Manfredo Tabacniks, Prof. Márcia Rizzutto, Prof. Nemitala Added, Prof. Tiago Fiorini da Silva. O GFAA colabora de forma intensa com os Professores Nilberto Medina do DFNC e Aléssio Mangiarotti, do DFEP, no IFUSP. Várias colaborações com outras universidades no Brasil são fruto do uso tanto do LAFN como do LAMFI. Entre eles a Profa. Marcilei A. Guazzelli da FEI, a Profa Adriana Delgado da UFSCAR são presença frequente nos Laboratórios do IFUSP. Finalmente, a colaboração com Dr. Matej Mayer, do Max Planck Institut, na Alemanha viabilizou o desenvolvimento do programa Multi-SIMNRA. O trabalho continua com o desenvolvimento de novo programa para análise de espectros PIXE, que deverá substituir os antigos softwares de ajuste de espectros em uso desde a década de 1970. A agregação de pesquisador altamente qualificado com experiência em instrumentação poderá dar significativo impulso aos trabalhos em andamento e colaborar com o desenvolvimento da tecnologia e ciência de aceleradores no IFUSP.

2) Sugestão de área para o edital:

Física com Aceleradores de Baixa Energia e suas Aplicações no Estudo de Materiais

Sugestão de possíveis disciplinas:

4302211 Física III,

4302212 Física IV,

4302360 Aceleradores de Partículas: Fundamentos e Aplicações,

4300406 Introdução à Física Nuclear

Departamento hospedeiro: DFNC

3) Referências

- 1) Chernyaev, A.P. and Varzar, S.M. Physics of Atomic Nuclei, 2014:77 pp1203-1215.
- 2) Hamm, R.W. (2013) IPAC-13, Shanghai, China. accelconf.web.cern.ch/accelconf/ipac2013/talks/weib201_talk.pdf
- 3) Amaldi, U. (2000) European News. Nov. 2000. Proc. EPAC 2000, Vienna, Au.
- 4) SBF (1987) Breve histórico e dados sobre a física no brasil.
- 5) Rogers, J.D. A história dos Aceleradores no Brasil. (~1985) www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/16/068/16068145.pdf
- 6) Silva, T.F. et al. Elemental mapping of large samples by external ion beam analysis

with sub-millimeter resolution and its applications. NIM B422, p. 68-77, 2018.

7) Moro, M. V. et al. Traceable stopping cross sections of Al and Mo elemental targets for 0.9-3.6-MeV protons. Phys. Rev. A93, p. 22704-1-22704-17, 2016.

8) Silva, T.F. et. al. MultiSIMNRA: A computational tool for self-consistent ion beam analysis using SIMNRA. NIM B371, p. 86-89, 2016.

9) Weisser, D. C. (2009) Present and Future of Electrostatic Accelerators, accelconf.web.cern.ch/AccelConf/HIAT2009/papers/tu-01.pdf