

Relatório da Comissão de Física de Plasmas – ano 2022

Composição da Comissão:

Alessandra Abe Pacini (Coordenadora)

Konstantin Kostov (Vice-coordenador)

Marisa Roberto

Renato Pakter

Ricardo Luiz Viana

A física de plasmas estuda o comportamento e as propriedades de gases ionizados, empregando conceitos, métodos e técnicas de várias áreas da física, como mecânica, eletromagnetismo, termodinâmica e física estatística. Nesta era tecnológica em que vivemos, muito não seria possível sem o que sabemos hoje sobre os plasmas. Interruptores a vácuo (arcos de plasma) são usados na distribuição de energia elétrica; lâmpadas de alta pressão iluminam nossas ruas e servem como fontes de luz em projetores de dados modernos; tubos fluorescentes iluminam nossos escritórios e casas; chips de computador são gravados com tecnologias de plasma; processos de deposição de plasma permitiram o desenvolvimento de telas planas de computador e células solares de grande área. O fornecimento futuro de energia pode se beneficiar da eletricidade produzida por energia termonuclear nuclear controlada (fusão). Considerando esta diversidade de temas é difícil estimar o número de físicos de plasma atuantes no Brasil. A partir do número de participantes dos últimos Encontros Brasileiros de Física dos Plasma que ocorrem a cada dois anos desde 1991, a comunidade brasileira de físicos de plasma conta com cerca de cento e cinquenta pessoas. No ano de 2022 participamos do Encontro de Outono da SBF contando com um total de 3 seções orais e 3 seções de pôsteres. Para efeito de organização, a comissão de área de Física de Plasmas da Sociedade Brasileira de Física estabeleceu a seguinte divisão em subáreas: plasmas tecnológicos, plasmas de fusão, fenômenos básicos de plasmas e plasmas espaciais. Uma busca na base de dados do CNPq para Grupos de Pesquisa, permite encontrar, aproximadamente, 35 grupos de pesquisa para os quais a palavra plasma aparece. Estes grupos atuam nas subáreas previamente descritas.

Na subárea de aplicações tecnológicas de plasma houve, em 2022, desenvolvimento e pesquisa nos seguintes tópicos:

1. Tratamento de resíduos com plasma, tais como destruição de resíduos sólidos, tratamento de água poluída e decomposição de poluentes gasosos;
2. Processamento de materiais por plasma – implantação iônica por imersão em plasma, plasma etching e/ou sputtering, funcionalização de superfícies;
3. Deposição de filmes finos por plasma – deposição em baixa e em alta pressão;
4. Aplicações biomédicas e cosméticas do plasma frio;
5. Aplicações do plasma frio na agricultura e indústria de alimentos;
6. Desenvolvimento e caracterização de novas fontes de plasma;
7. Plasma em líquidos e em contato com líquidos.

Uma coisa que deve ser destacada nessa subárea é a grande diversidade dos plasmas utilizados, que envolve grande variedade de plasmas em baixa pressão; plasmas quentes em pressão atmosférica, tais como, tochas e arcos de plasma; e plasma frio em pressão atmosférica, tais como

corona, arco deslizante, descarga DBD e jato de plasma. Uma recente aplicação tecnológica de plasma envolve estudos sobre plasma em líquidos e em contato com líquidos, tais como o plasma eletrolítico e a ativação de líquidos por plasma. Outro importante fato é a multidisciplinaridade da área de plasma tecnológicos, onde trabalham em conjunto físicos de plasma, biólogos, químicos, engenheiros, médicos etc. Em função disso, pela segunda vez, a Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais SBPMat introduziu em seus encontros anuais um simpósio temático denominado “Fundamentals and applications of plasma processing of materiais”. O primeiro simpósio aconteceu em 2019 com apresentação de 48 trabalhos, o que demonstra a grande importância do plasma como uma ferramenta para processamento de materiais. O evento para 2022 foi realizado na forma presencial em Foz de Iguaçu entre 25 e 29 de setembro. Foram submetidos um total de 79 trabalhos entre eles 8 palestras convidadas, 33 trabalhos orais e 38 pôsteres. Entre as palestras convidadas houve 4 palestrantes nacionais e 4 estrangeiras. Tudo isso demonstra a consolidação do evento como um fórum nacional importante para apresentação de trabalhos na área de aplicações tecnológicas do plasma.

O Encontro de Outono de SBF em 2022 foi realizado na IF da USP entre 10 e 14 de abril na forma híbrida devido a variante “Omicron” da pandemia de COVID19. Na área de plasmas tecnológicos foram apresentados na forma presencial 2 palestras orais sendo uma de palestrante convidado de exterior, uma palestra convidada nacional oral, além 6 pôsteres.

A sub-área de plasmas de fusão tem como objetivo principal o estudo de plasmas de interesse em processos de fusão termonuclear controlada para geração de energia. De forma sintética, podemos dar um panorama das pesquisas em fusão nuclear no Brasil durante o ano de 2021-2022 com as seguintes informações:

1. No Instituto de Física da Universidade de São Paulo, a pesquisa em fusão nuclear é realizada pelo Laboratório de Física de Plasmas do Departamento de Física Aplicada, onde é operado o tokamak TCABR. Uma modernização significativa dos principais sistemas do TCABR está em curso. Essa modernização deverá tornar o TCABR atrativo para colaborações internacionais como estratégia para fortalecer o Programa Nacional de Fusão Nuclear. Para isso, essa modernização permitirá aumentar o número de formatos da coluna de plasma que podem ser produzidos no TCABR e, além disso, o tornará adequado para investigar a física de campos RMP sobre ELMs, de rotação da coluna de plasma, de turbulência na borda e de injeção localizada de helicidade, em diferentes configurações de plasma. Modelagem numéricas de futuros experimentos no TCABR utilizando campos RMP estão sendo realizadas com o código MHD visco-resistivo não-linear de dois fluidos M3D-C1. Esse código vem sendo desenvolvido por pesquisadores do Princeton Plasma Physics Laboratory, nos EUA, e hoje ele encontra-se instalado no supercomputador Santos Dumont, operado pelo Laboratório Nacional de Computação Científica, no Rio de Janeiro. Tais simulações envolvem o cálculo da resposta de plasmas no TCABR à campos RMP, da separação das chamadas variedades magnéticas e também das chamadas pegadas magnéticas;

2. No Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, a pesquisa em fusão nuclear é realizada no Laboratório Associado de Plasmas, onde encontra-se o Experimento Tokamak Esférico (ETE), que é um tokamak esférico que explora as vantagens de plasmas de baixa razão de aspecto - os mais promissores para o futuro desenvolvimento de reatores comerciais a fusão;

3. Na Universidade Federal do Espírito Santo (Vitória-ES), as pesquisas são realizadas no Laboratório de Plasma Térmico, onde é operado o tokamak de pequeno porte NOVA- UFES, o qual está sendo modernizado com um sistema de injeção localizada de helicidade utilizando tochas de plasma.

4. Em 12 de agosto de 2021 foi realizado, sob a coordenação da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN-MCTI), o primeiro Seminário Nacional de Fusão Nuclear, reunindo, de forma virtual, membros da comunidade científica e de órgãos governamentais. Foram abordados o

estado atual e as perspectivas futuras da Rede Nacional de Fusão (RNF) e do Laboratório de Fusão Nuclear (LFN), ambos vinculados à CNEN-MCTI. Para a recriação da RNF, cuja vigência expirou em 2012, uma nova portaria do MCTI foi redigida e encontra-se no MCTI. A RNF congrega físicos teóricos e experimentais das várias instituições de ensino e pesquisa do país que desenvolvem trabalhos relacionados a plasmas de fusão. Deverão ser indicados seis novos membros nomeados pelo MCT por indicação da comunidade científica.

5. Durante o primeiro Seminário Nacional de Fusão Nuclear, foi apresentada uma proposta de Programa Nacional de Fusão Nuclear (PNFN), cujo objetivo é definir diretrizes e ações de curto, médio e longo prazo que criem no País as condições necessárias para incluir a Fusão Nuclear em nossa matriz energética, caso esta venha a se mostrar atrativa no futuro. As ações fundamentais para a implementação do PNFN são: (i) a implantação do Laboratório de Fusão Nuclear (LFN) e sua primeira máquina, (ii) a formação de recursos humanos através da participação de grupos de pesquisa nacionais atuantes na área de fusão nuclear, (iii) o envolvimento progressivo do setor privado nacional para que este absorva e domine as tecnologias associadas ao desenvolvimento da fusão nuclear. O projeto executivo de engenharia do LFN já foi concluído e esse deverá ser construído no mesmo sítio do Reator Multipropósito Brasileiro, em Iperó - SP. O orçamento do Projeto Executivo é de cerca de R\$ 115 milhões, em valores atualizados. No momento são buscados recursos orçamentários para a construção do LFN, no âmbito dos Investimentos Plurianuais Prioritários. A decisão sobre qual máquina será instalada no LFN inicialmente dependerá do avanço das modernizações do ETE e do TCABR, e este deverá ser tomada ao final do terceiro ano de execução do PNFN proposto. Os custos estimados para a modernização do TCABR, ETE, e NOVA-UFES são da ordem de 50 milhões de reais. A médio prazo, foram também levantados em conta os custos associados à construção de uma nova máquina: um tokamak de médio porte que opere com bobinas supercondutoras de alta temperatura e que opere apenas com deutério em um regime compatível com a condição de "breakeven". É importante salientar que o desenvolvimento da fusão nuclear trará diversos avanços tecnológicos em várias áreas de interesse nacional, como o desenvolvimento de bobinas supercondutoras, fontes de potência de alto desempenho, e o desenvolvimento de materiais resistentes a altas temperaturas, fluxos de calor e de radiação.

Por fim, na subárea de fenômenos básicos de plasmas e de plasmas espaciais destacamos a participação de pesquisadores de áreas afins, como astronomia, astrofísica, física de feixes de partículas etc., assim como pesquisadores envolvidos em estudos teóricos e experimentais de fenômenos como propagação de ondas, plasmas quânticos, turbulência em plasmas etc. A interação Sol-Terra, determinante do que se convencionou chamar de Clima Espacial, é objeto de estudo de vários pesquisadores do INPE e envolve pesquisas de monitoramento da ionosfera, do campomagnético terrestre, da atividade solar em solo e via satélite. A disponibilidade de uso de satélites é imensa, e permite o desenvolvimento de trabalhos em diversos temas de interesse em plasmas espaciais. Ainda no âmbito da pesquisa em plasmas espaciais, destacamos as missões espaciais SPORT e GSST. A Missão SPORT é uma parceria entre diversas instituições brasileiras e norte-americanas cujo objetivo é colocar em órbita um satélite de pequeno porte dedicado ao estudo das irregularidades da ionosfera equatorial. No Brasil, o projeto conta com o apoio institucional da AEB, do ITA e do INPE. Recebeu apoio financeiro da FAPESP via projeto temático (nº 16/24970-7), com vigência desde 01 de dezembro de 2017 a 30 de novembro de 2022. Nos EUA, participam a NASA, a Força Aérea dos EUA, a Utah State University, a University of Texas at Dallas, a University of Alabama at Huntsville e a Aerospace Corporation. O satélite foi lançado em 26 de novembro de 2022 do Centro Espacial Kennedy, na Flórida, EUA, e colocado em órbita a partir da Estação Espacial Internacional (ISS) no dia 29 de dezembro de 2022. O satélite executará a etapa de comissionamento, que tem como principal objetivo estabilizar o satélite em sua órbita baixa ao redor da Terra. Uma vez concluída essa etapa, a missão iniciará sua fase de aquisição de dados científicos. O SPORT fornecerá informações inéditas sobre a natureza da ionosfera equatorial, gerando uma oportunidade de produção científica de alto impacto na área de física espacial. A Missão Telescópio Solar Espacial Galileo (GSST - Galileo Solar Space Telescope) é uma missão de

fronteira do conhecimento para prover medidas precisas do campo magnético na fotosfera e camadas superiores da atmosfera solar. O projeto faz parte do esforço internacional para compreensão da evolução da Heliosfera, que é o ambiente espacial governado pelo Sol, onde a Terra e os planetas do Sistema Solar se encontram. Além de obter dados científicos complementares aos dados gerados pela NASA, ESA e JAXA, a missão GSST colocará o Brasil em um lugar de protagonismo no mundo, dando-nos soberania sobre as informações necessárias para geração de produtos e serviços do programa de Clima Espacial do INPE (EMBRACE) que servirão de base para alertas das condições do espaço no entorno da Terra.