

Proposta para contratação de docente na área de Teoria de Sistemas Fortemente Correlacionados.

Justificativa científica: Progresso apreciável tem sido observado no campo de Física da Matéria Condensada através da descoberta de novos materiais que exibem comportamentos exóticos como supercondutividade não-convencional, frustração magnética, transições de fase quânticas, fases topológicas, entre outras. Grande parcela destes comportamentos interessantes advém primariamente das interações fortes entre os portadores de carga (em geral, elétrons) que participam das ligações químicas destes materiais. Esta área, comumente denominada de “sistemas eletrônicos fortemente correlacionados” – SEFC - se tornou um dos mais ativos e desafiadores campos de pesquisa na Física da Matéria Condensada.

Do ponto de vista de ciência dos materiais, o estudo de SEFC é bastante concentrado em compostos e ligas com as camadas eletrônicas d e f parcialmente preenchidas, as quais tem a tendência de formação de bandas de energia estreitas e, portanto, com várias escalas de energia competindo, gerando assim uma grande variedade de fases termodinâmicas novas em seus ricos diagramas de fase. Do ponto de vista teórico, o estudo desses sistemas é, no mínimo, desafiador porque na presença dessas muitas escalas de energia não é trivial distinguir a descrição efetiva mais adequada para a compreensão dos fenômenos físicos emergentes. Em termos práticos, isso implica que avanços na área geralmente requerem uma combinação de técnicas avançadas de teoria de campos (teoria de perturbação diagramática, RG) e métodos numéricos sofisticados (DMRG, Monte Carlo Quântico, DFMT). A combinação desses ingredientes faz com que a área de sistemas eletrônicos fortemente correlacionados seja uma das mais ativas e atrativas para a comunidade mundial da física da matéria condensada.

Prognósticos da área para os próximos anos: O campo de SEFC, embora complexo e desafiador tem evoluído rapidamente, proporcionando aos interessados novas linhas e temas de pesquisa, como mostra um artigo de revisão publicado na seção *Insights* de uma edição especial da *Nature Physics* e *Nature Materials* em 2017 (Link: <https://www.nature.com/collections/ydsxkfvwws>).

Exemplos de desenvolvimentos no campo de SEFC são amplos, desde técnicas sofisticadas de síntese de novos materiais até novas técnicas e abordagens teóricas. Um exemplo da confluência destes dois aspectos é a descoberta de materiais genericamente denominados *topological quantum materials*, nos quais a interrelação entre a Física de muitos corpos (inerente a esses sistemas) e aspectos topológicos das excitações eletrônicas determinam suas propriedades eletrônicas. Por outro lado, a descoberta recente de fases exóticas tais como líquidos de spin quânticos e supercondutividade topológica estão entre as linhas de pesquisa que vem experimentando crescimento considerável nos últimos anos.

Panorama da área no Instituto: Há um forte esforço de pesquisa em novos materiais que apresentam efeitos eletrônicos fortemente correlacionados através do planeta. É muito improvável que um centro de física na Europa, Estados Unidos e Japão, apenas para citar três, não abrigue pelo menos um grupo de investigação científica que se dedique a essa área emergente da Física da Matéria Condensada. No IFUSP, esse cenário não é diferente.

O Instituto abriga grupos **experimentais** bem estabelecidos trabalhando em tópicos como novos materiais supercondutores e óxidos magnéticos (prof. Renato Jardim) e sistemas magnéticos frustrados (profs. Rafael Freitas e Armando Paduan). Além disso, o IFUSP foi recentemente (últimos cinco (05) anos) contemplado com três contratações de docentes com atividades experimentais nesta área: os profs. Fernando Garcia (FAP), Julio Antonio Larrea Jimenez e Valentina Martelli (ambos no FMT). O resultado líquido da anexação desses novos docentes ao Instituto resultou na ampliação das linhas de pesquisa na área, agora englobando tanto os já mencionados *topological quantum materials* como também temas já “clássicos”, envolvendo sistemas de elétrons d e f , tais como transições de fase quântica em redes de Kondo, férmions pesados e sistemas magnéticos frustrados de baixa dimensionalidade.

Impacto da contratação de um docente teórico para a pesquisa no IFUSP: Apesar destes grupos experimentais poderem ser classificados como estabelecidos ou em fase de estabelecimento, o mesmo não pode ser dito das linhas de pesquisa que envolvem o estudo teórico nesses campos de investigação: o Instituto não conta com nenhum docente teórico atuando em tópicos diretamente ligados aos trabalhos destes grupos experimentais. Via de regra, o suporte teórico a esses experimentos é obtido via colaborações externas ao Instituto. Dentro desse cenário efervescente e desafiador, é plenamente justificada a busca pela contratação de um físico da matéria condensada, com formação teórica, que poderia não apenas iniciar uma nova linha de pesquisa no Instituto mas também colaborar ativamente com os grupos de pesquisa experimentais e, conseqüentemente, fornecer suporte teórico aos mesmos.

Outros impactos no Instituto: Há docentes no Instituto desenvolvendo investigação científica em temas que envolvem correlação eletrônica e que, com absoluta certeza, poderiam se beneficiar com a vinda desse novo pesquisador na área de SEFC. Exemplos aqui incluem o prof. Luis Gregório Dias (transporte eletrônico em sistemas mesoscópicos e materiais topológicos), o prof. Gabriel Landi (informação quântica) e o prof. André Pinho Vieira (sistemas quânticos desordenados). Notamos ainda que a abertura de concurso público nesta área pode ser um “atrator” para candidatos com perfis ligeiramente diferentes, ou seja, aqueles pesquisadores que atuam em Teoria Quântica de Campos e Teoria de Muitos Corpos aplicados a problemas de matéria condensada, sub áreas que certamente apresentam clara intersecção com a de docentes de outros departamentos da Unidade.

Perfil do candidato: O objetivo é procurar por um pesquisador de perfil independente, com interesse em aplicar e desenvolver ferramentas teóricas para entender e caracterizar

sistemas eletrônicos fortemente correlacionados em sistemas de matéria condensada. É desejado o domínio de técnicas teóricas e/ou computacionais adequadas a este tópico. Exemplos incluem: (i) Dynamical Mean Field theory (DMFT), (ii) Density-Matrix Renormalization Group (DMRG), (iii) Numerical Renormalization Group (NRG), (iv) Métodos de Monte Carlo, (v) Grupo de Renormalização, entre outros.

Prognóstico de potenciais candidatos:

Dentre os inúmeros potenciais candidatos trabalhando no tópico, é possível destacar alguns pesquisadores brasileiros (ou que fizeram doutorado no Brasil) que, no momento, desenvolvem atividades com sucesso em grupos no exterior e que poderiam se interessar em participar do Edital:

- **Tharnier Puel de Oliveira** (Doutorado concluído em 2014 na UFSC, atualmente pós-doc no Beijing Computational Science Research Center, China).
- **Aline Ramires** (Doutorado concluído em 2015 na Rutgers University, atualmente MPI-PKS Distinguished Postdoctoral Fellow and Simons-FAPESP Young Investigator).
- **Victor Quito** (Doutorado concluído em 2016 no IFGW-Unicamp, atualmente pós-doc na Iowa State University, U.S.A.).
- **Walber Hugo de Brito** (Doutorado concluído em 2016 na UFMG, atualmente pós-doc na Rutgers University, U.S.A.).
- **Pedro Leopoldo e Silva Lopes** (Doutorado concluído 2016 no IFGW-UNICAMP, atualmente pós-doc na Université de Sherbrooke, Canadá).
- **Willian Natori** (Doutorado concluído em 2018 no IFSC-USP, atualmente é pos-doc no Imperial College, U.K.).
- **Krissia de Zawadski** (Doutorado concluído em 2018 no IFSC-USP, atualmente é pós-doc na Northeastern University, U.S.A.).

Sugestões para o Edital:

Disciplinas (Graduação) Mecânica Quântica, Introdução à Física do Estado Sólido, Eletromagnetismo.

Possíveis Departamentos hospedeiros: DFMT, DFGE, DFMA, DFAP.

Docentes do IFUSP que apoiam a proposta:

André Pinho Vieira – FGE
Armando Paduan – FMT
Fernando Garcia – FAP
Julio Larrea – FMT
Luis Gregório Dias da Silva – FMT
Rafael Freitas – FMT
Renato Jardim – FMT
Valentina Martelli – FMT (em contratação).