

Supercondutividade em materiais leves

Orientadora: Danusa do Carmo (LNLS/CNPEM)

Coorientador: Ulisses Ferreira Kaneko (UNESP)

1. Introdução e estado da arte

A supercondutividade é um tema relevante em nossa sociedade há pelo menos um século e com aplicações importantes nas mais diversas áreas como saúde, transporte e no campo da instrumentação científica. No entanto, o número de aplicações poderia ser muito maior caso novos materiais exibissem supercondutividade em condições ambientes. Um exemplo de aplicação imediata de supercondutores seria no setor elétrico, pois sua propriedade de resistividade nula permite conduzir corrente elétrica sem dissipação de energia ao longo do caminho, como acontece com nossas atuais linhas de transmissão de energia elétrica.

Podemos dizer que um dos alvos principais da pesquisa em supercondutores é aumentar a temperatura crítica (T_c) na qual o material apresenta as propriedades supercondutoras, saindo de temperaturas de operação atualmente muito baixas para próximo da temperatura ambiente. Apesar de grande esforço ter sido realizado ao longo desse último século para aumentar a T_c de diferentes classes de supercondutores, a maior temperatura reportada não era muito maior que 150 K. Essa situação começou a mudar na última década, quando pesquisadores resolveram colocar um segundo parâmetro termodinâmico em jogo, a pressão. Utilizando um instrumento científico capaz de simular pressões e temperatura da ordem do centro da Terra, pesquisadores mostraram que materiais à base de hidrogênio apresentam T_c mais próxima da temperatura ambiente, contudo em pressões 1 milhão de vezes a pressão do nível do mar [1-3]. Ainda que essa alta pressão não seja uma condição praticável em termos de aplicações, do ponto de vista fundamental, esse é um parâmetro totalmente controlável e pode nos ajudar a entender como essa supercondutividade em temperatura mais próxima do ambiente se desenvolve, podendo fornecer respostas chaves no desenvolvimento de supercondutores em condições ambiente.

Nesse projeto propomos investigar uma classe de materiais conhecida como eletretos, que pode ser sintetizada através de alta pressão e alta temperatura. Um trabalho teórico de um grupo de pesquisa brasileiro que previu um estado supercondutor no eletreto com fase Li_5C [4], no qual os autores sugerem que a fase estável pertença ao grupo espacial $P6/mmm$ e que, necessariamente, essa fase deve ser induzida por alta pressão. A temperatura de transição supercondutora estimada para esse eletreto é ~ 50 K para uma pressão de 210 GPa, no entanto, mesmo a 50 GPa seria possível observar o estado supercondutor, nesse caso com $T_c \sim 14$ K. No mesmo ano um grupo de pesquisa chinês também previu um estado supercondutor em um eletreto com fase Li_6C ($R-3m$) em torno de 10 K e 80 GPa [5].

Motivados por esses resultados submetemos proposta de pesquisa ao Sirius, na qual realizamos as primeiras sínteses à base de lítio e carbono. Observamos mudanças no padrão de difração de raios X e espectros Raman, indicando a formação de um novo material. No entanto é preciso avançar no tratamento de dados para estabelecer a melhor rota de síntese e realizar novos experimentos para comprovar experimentalmente a formação do novo supercondutor. Ao longo desse projeto de iniciação científica, o bolsista terá a oportunidade de estar próximo de uma das maiores infraestruturas de pesquisa do país, trabalhar em um tema científico relevante, aquecido e desafiador, e poderá dar sua contribuição na história da supercondutividade.

2. Objetivos

O objetivo desse projeto é realizar a síntese de novos materiais que possam apresentar fases supercondutoras. Os experimentos serão realizados aplicando altas pressões (e possivelmente altas temperaturas) em materiais leves como lítio e carbono e a investigação das amostras sintetizadas será por meio de técnicas de difração de raios X e espectroscopia Raman, revelando as características estruturais e vibracionais das amostras formadas nessas condições. O bolsista estará envolvido em todas as etapas do projeto - síntese, medições, análise de dados - sendo assim, além do objetivo científico, esse projeto tem como meta a formação e capacitação de recurso humano na área de técnicas de luz síncrotron em condições extremas.

3. Métodos

Para o desenvolvimento desse projeto o bolsista deverá dominar a instrumentação para experimentos em alta pressão, desde a preparação das células de bigorna de diamante, seu carregamento com amostra e medidas de pressão. Deverá compreender as técnicas de difração de raios X síncrotron e espectroscopia Raman e aplicar o desenvolvimento pré-existente de ferramentas de aprendizado de máquina para a análise dos dados. As atividades experimentais do bolsista serão realizadas no Laboratório de Condições Termodinâmicas Extremas do Sirius e para a análise de dados e medidas complementares contaremos com a colaboração ativa do pesquisador Dr. Ulisses F. Kaneko da UNESP.

4. Cronograma

1º trimestre: Estudo do projeto e imersão no laboratório LCTE e na linha de luz EMA. Treinamento prático em altas pressões e domínio das técnicas auxiliares na preparação de experimentos em alta pressão. Aprofundamento teórico sobre tecnologia síncrotron e nas técnicas de difração de raios X e espectroscopia Raman.

2º trimestre: Carregamento das células de bigorna de diamante com os materiais precursores. Essa montagem deverá ser feita em ambiente inerte em uma glove-box. Síntese de amostras através da aplicação de altas pressões e realização de medidas de Raman. Participação e apresentação de trabalho no Congresso de Estudantes do CNPEM. Escrita do relatório parcial.

3º trimestre: Análise dos dados obtidos por espectroscopia Raman das amostras sintetizadas, comparação desses com dados prévios, e definição da rota de síntese. Novo carregamento de células, possível combinação de alta pressão e alta temperatura usando laser de infravermelho e medidas de difração de raios X na linha EMA. Análise de dados de difração de raios X.

4º trimestre: Finalização das análises dos dados, comparação dos resultados com a literatura atual. Escrita do relatório final do projeto de iniciação científica.

5. Referências

- [1] A. P. Drozdov et al., Nature 525, 73 (2015).
- [2] M. Somayazulu et al., Physical Review Letters 122, 027001 (2019).
- [3] P. Kong et al., Nature Communications 12, 5075 (2021).
- [4] Z. S. Pereira et al., The Journal of Physical Chemistry C 125, 8899 (2021).
- [5] Z. Liu et al., Physical Review Letters 127, 157002 (2021).