

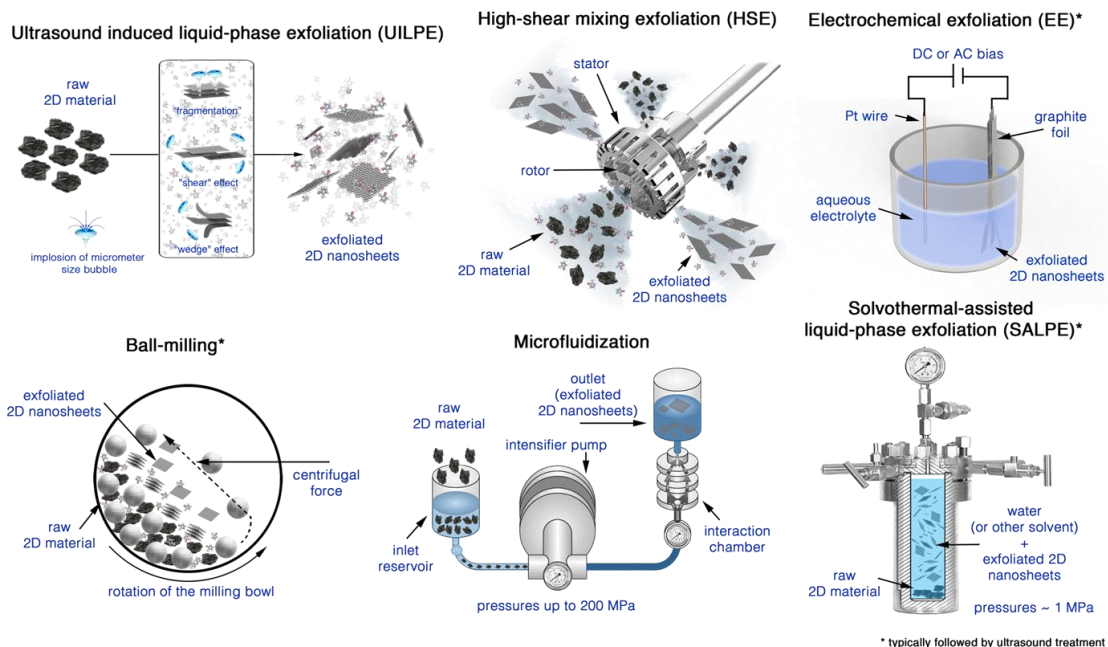
**Título:** Materiais 2D Exfoliados em Solução para o Desenvolvimento de Novos Dispositivos Eletrônicos e Sensoriais.

**Modalidade:** Iniciação Científica

**Orientador:** Dr. Rafael Furlan de Oliveira

**Unidade do CNPEM:** Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

**Introdução e estado da arte:** Materiais semicondutores bidimensionais (M2Ds) processados em solução (*Liquid-phase exfoliation*, LPE) representam uma rota promissora para o desenvolvimento de dispositivos elétricos de baixo custo e escalonáveis, como sensores e biossensores<sup>1,2</sup>. Isso porque, o processamento de M2Ds em solução permite a produção de “tintas” que podem ser depositadas por diferentes métodos compatíveis com a indústria (ex. impressão, *spraying*, etc.). Os atuais desafios para o desenvolvimento dessas novas tecnologias consistem primordialmente i) na formação de filmes de M2Ds por diferentes técnicas e o entendimento das suas relações de processamento-propriedade<sup>2</sup>, e ii) na compreensão de como defeitos estruturais em M2Ds (gerados no processo de exfoliação em solução destes materiais) impactam particularmente o transporte eletrônico em filmes finos e o desempenho de dispositivos<sup>3</sup>. A produção de M2Ds por LPE pode ser realizada por diversos métodos (**Figura 1**), cada qual com vantagens e desvantagens perante os demais.



**Fig. 1.** Diversos métodos de exfoliação de M2Ds em solução

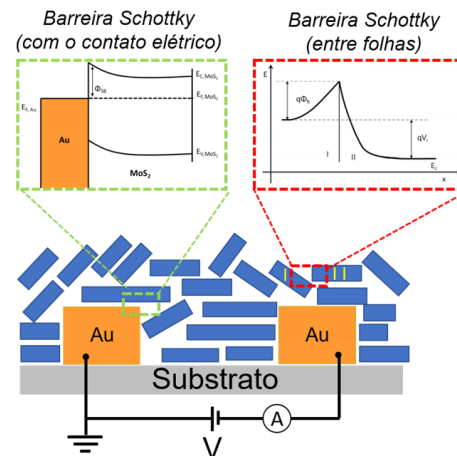
A disponibilidade de diversas metodologias é fundamental para a execução do projeto, possibilitando mitigar problemas, abrir novas frentes de investigação, ou ainda comparar propriedades de um mesmo material exfoliado por rotas diferentes.

Neste trabalho, investigaremos como as condições experimentais da exfoliação em solução do dissulfeto de molibdênio ( $\text{MoS}_2$ ) impactam as propriedades elétricas de filmes finos, como a injeção e o transporte de carga<sup>2,3</sup>

(**Figura 2**). A alta quantidade de defeitos nesses materiais impacta negativamente a injeção de portadores de carga no semiconductor devido ao *pinning* do nível de Fermi na interface com os contatos<sup>4</sup>. Além disso, a natureza descontínua deste tipo de filme, i.e., a inerente descontinuidade entre duas folhas adjacentes, faz com que surja uma barreira do tipo Schottky entre estas que limita o transporte de cargas neste tipo de amostra<sup>5</sup>. Fabricaremos filmes de  $\text{MoS}_2$  por diversos métodos como drop-casting, dip-coating ou inkjet printing sobre substratos de  $\text{SiO}_2$  contendo eletrodos pré-fabricados (*test patterns*), uma vez que cada técnica pode resultar em filmes com morfologia diferente, o que impacta também em suas propriedades elétricas.

**Objetivos:** Determinar como as condições experimentais de exfoliação de dissulfeto de molibdênio ( $\text{MoS}_2$ ) em solução assistida por ultrassom, como tempo, potência, temperatura, afetam a densidade de defeitos no material e consequentemente as propriedades elétricas de filmes finos.

**Competências e Habilidades:** Ao final deste trabalho, o aluno(a) terá aprendido conceitos e desenvolvido habilidades práticas no âmbito de: i) exfoliação de materiais bidimensionais em solução e a caracterização físico-química das suspensões por métodos espectroscópicos (UV-vis, fluorescência, etc.), ii) métodos de deposição de filmes finos de materiais bidimensionais e sua caracterização por técnicas microscópicas (AFM, MEV, etc.) e espectroscópicas (Raman e XPS), iii) medidas elétricas em filmes de  $\text{MoS}_2$  em função da temperatura, iv) tratamento de dados empíricos e vi) organização e reportagem dos resultados.



**Fig. 2.** Injeção e transporte de cargas em filmes finos de  $\text{MoS}_2$  exfoliados em solução.

## Metodologia

- A. Exfoliar MoS<sub>2</sub> em solução com base nas melhores e mais recentes práticas reportadas na literatura, variando um conjunto fixo de condições experimentais, a fim de obter uma suspensão apropriada para a deposição de filmes finos;
- B. Avaliar as características físico-químicas da suspensão de MoS<sub>2</sub>, por métodos espectroscópicos como absorção no UV-vis e/ou fluorescência;
- C. Depositar filmes de MoS<sub>2</sub> exfoliado, por *drop-casting*, *dip-coating* ou *inkjet printing* sobre substratos de SiO<sub>2</sub> contendo eletrodos pré-fabricados (*test patterns*) e caracterizar estes filmes por técnicas microscópicas (AFM e MEV) e, principalmente espectroscópicas (Raman e XPS) na determinação de seus defeitos estruturais;
- D. Avaliar as características elétricas DC e AC de filmes de MoS<sub>2</sub> e como os parâmetros de exfoliação e quantidade de defeitos do material afetam essas propriedades elétricas;

## Bibliografia

1. Witomska, S., *et al.*, *Adv. Funct. Mater.* **29**, 1901126 (2019).
2. Kelly, A. G. *et al.*, *Science* **356**, 69–73 (2017).
3. Ippolito, S. *et al.*, *Nat. Nanotechnol.* (2021) doi:10.1038/s41565-021-00857-9.
4. Dagan, R., *et al.*, *Nanoscale* **12**, 8883–8889 (2020).
5. Zeng, X., *et al.*, *Solid-State Electron.* **141**, 58–64 (2018).