



2023  
XXXI ENCONTRO DE  
**JOVENS  
PESQUISADORES**

UCS

XIII Mostra Acadêmica de  
Inovação e Tecnologia



PROBIC/FAPERGS

**Pesquisa bibliográfica e designação de metodologia para diagnóstico de plasma na deposição de intercadas de silício e titânio a partir de precursores líquidos para adesão de a-C:H em ligas ferrosas**

FAPERGS FAPESP

Michael C. Goldbeck, Jennifer S. Weber, Bruna L. Perotti, Alexandre F. Michels, Carlos A. Figueroa



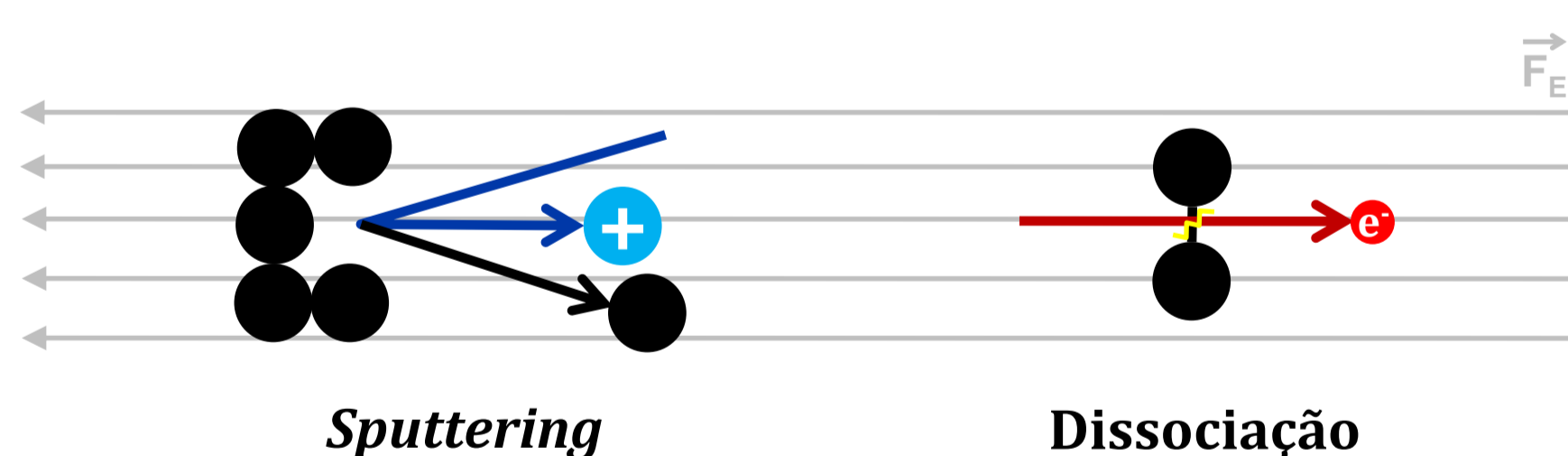
## INTRODUÇÃO / OBJETIVO

O carbono amorfo hidrogenado (a-C:H) é um material de interesse industrial devido à suas propriedades de baixo coeficiente de atrito, alta dureza e inércia química. A viabilização de revestimentos de a-C:H em ligas ferrosas é possível com a utilização de um filme intermediário, conhecida como intercama. A produção desses filmes ocorre através de deposição à plasma. Para tanto, um potencial elétrico é aplicado a um meio gasoso sob baixa pressão, criando condições de ionização autossustentadas. As espécies criadas são depositadas na forma de um filme.

O objetivo da pesquisa é entender os mecanismos de deposição das intercadas geradas a partir de tetrametilsilano (TMS) e tetracloreto de titânio ( $\text{TiCl}_4$ ) através do monitoramento do plasma e da correlação entre as condições de deposição e as propriedades do revestimento.

## PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

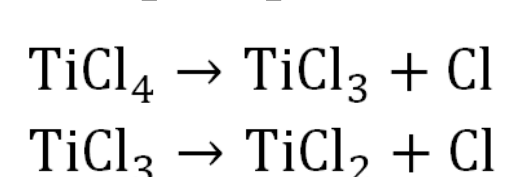
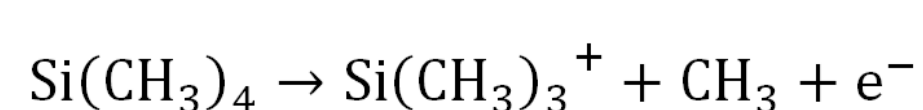
A presença de um campo elétrico provoca a aceleração de partículas com carga. Em um meio gasoso, a distância percorrida por essas partículas e sua energia ao colidir-se com átomos neutros depende da pressão total. Em condições favoráveis, as colisões são energéticas o suficiente para que haja a emissão de elétrons secundários e a criação de íons, resultando em um plasma autossustentado [1]. Além da ionização, o *sputtering* de superfícies e a dissociação de moléculas também são fenômenos que ocorrem no plasma. Ambos são ilustrados abaixo.



A temperatura de excitação de elétrons ( $T_{exc}$ ) é um parâmetro que indica a quantidade relativa de espécies excitadas no plasma. A  $T_{exc}$  pode ser estimada pelo plot de Boltzmann com o uso da espectroscopia de emissão óptica (OES): uma técnica não intrusiva que detecta a intensidade de radiação eletromagnética de diferentes comprimentos de onda do plasma.

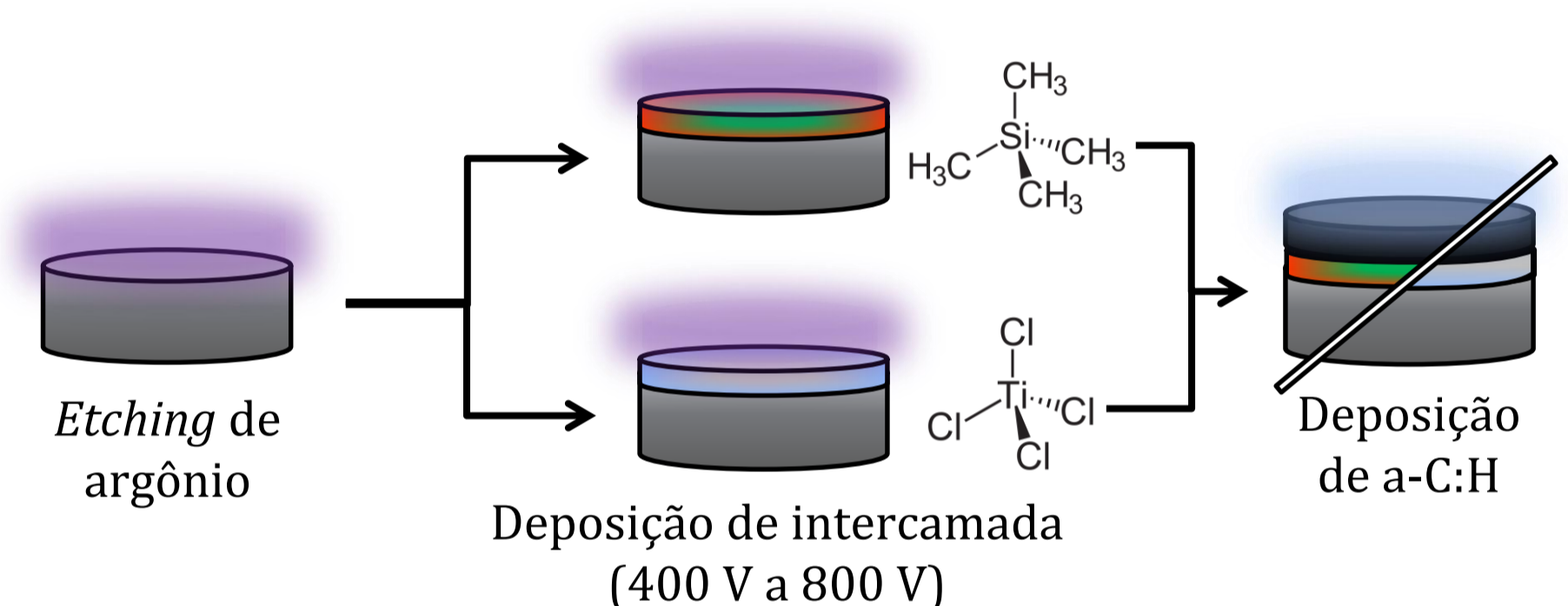
O potencial elétrico, a pressão e a composição do gás em um processo de deposição influenciam a  $T_{exc}$ . Um campo elétrico mais intenso implica em mais espécies excitadas, maiores taxas de ionização, dissociação, além de um *sputtering* mais acentuado. Em maiores pressões, há menores  $T_{exc}$ , pois a distância entre as espécies é baixa, impedindo a aceleração de íons e elétrons. A presença de argônio no plasma, em comparação à outros gases, eleva a  $T_{exc}$  e facilita a obtenção do plasma autossustentado [2].

Cada espécie no plasma emite radiação eletromagnética em um comprimento de onda específico. Assim, o diagnóstico de plasma por OES fornece informações sobre as espécies existentes no plasma. As reações de dissociação de TMS e  $\text{TiCl}_4$  mais prováveis de ocorrerem são descritas abaixo [3, 4].



## MATERIAL E MÉTODOS

Amostras padronizadas de aço carbono serão lixadas, polidas e limpas com um banho ultrassônico de acetona. Após, serão submetidas ao reator de deposição à plasma contendo um espectrômetro óptico acoplado. O processo será iniciado com uma limpeza à plasma, conhecida como *etching*. Para a deposição da intercama, diferentes potenciais elétricos serão aplicados. Serão utilizados TMS e  $\text{TiCl}_4$  como precursores para a intercama, produzindo, assim, duas séries de amostras. O processo é finalizado com a deposição de a-C:H a partir de acetileno. A figura abaixo ilustra o processo de deposição dos filmes.



As espécies geradas no plasma e a  $T_{exc}$  serão determinadas por OES. A espessura dos filmes será analisada por microscopia eletrônica de varredura. Pretende-se investigar a composição dos filmes será avaliado por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier e espectroscopia de emissão óptica por descarga luminescente. A adesão do filme de a-C:H será avaliada por ensaios de riscamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia de incorporar um espectrômetro óptico no sistema de deposição partiu do interesse em aprofundar resultados obtidos anteriormente e validar hipóteses levantadas. Dessa forma, o diagnóstico de plasma com a técnica de OES permite criar um elo entre as condições de deposição (como tensão, pressão, composição do gás, temperatura) com as propriedades do filme (como composição e adesão). Com o conhecimento fornecido pela literatura e com uma metodologia definida, tem-se em vista a continuidade da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALVES JUNIOR, Clodomiro. **Nitretação a plasma: fundamentos e aplicações**. 2001.
- [2] IMRAN, M. et al. Correlation between excitation and electron temperature in 50 Hz pulsed Ar-O<sub>2</sub> mixture plasma. **Optik**, v. 127, n. 6, p. 3312-3315, 2016.
- [3] YANGUAS-GIL, Á. et al. Plasma Characterization of Oxygen-Tetramethylsilane Mixtures for the Plasma-Enhanced CVD of SiO<sub>x</sub>CyHz Thin Films. **Chemical Vapor Deposition**, v. 12, n. 12, p. 728-735, 2006.
- [4] JANG, S.-S.; LEE, W.-J.. Effect of Gas Composition on TiN Thin-Film Fabrication in N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>/Ar/TiCl<sub>4</sub> Inductively Coupled Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition System. **Japanese Journal of Applied Physics**, v. 40, n. 8R, p. 4819, 2001.

APOIO

