

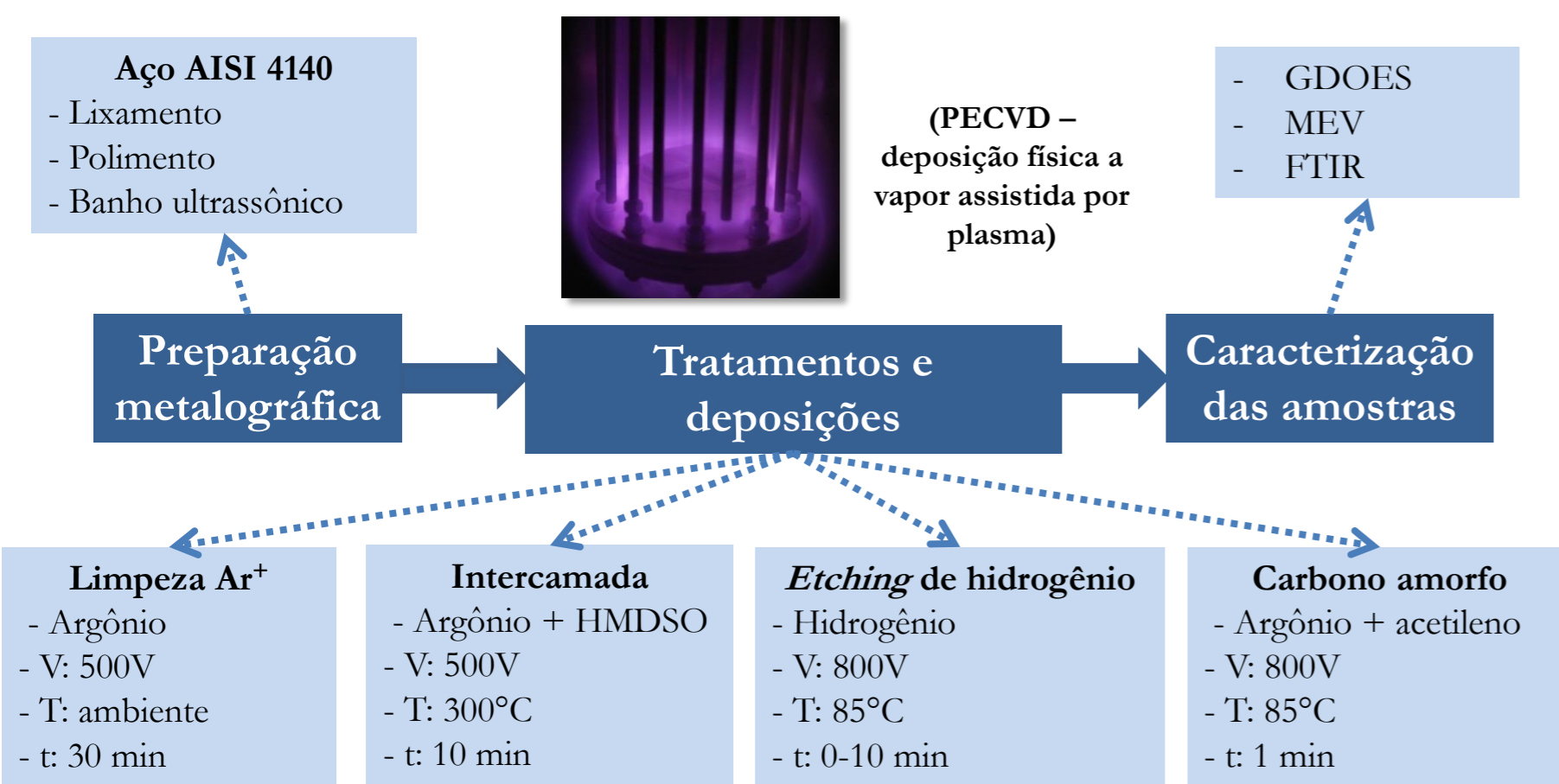
Introdução

Filmes de carbono amorfo hidrogenado (a-C:H) podem exercer a função de lubrificante sólido pois possuem baixo coeficiente de atrito, baixo índice de desgaste e inércia química [1]. Entretanto, não apresentam adesão direta suficiente em ligas ferrosas. O problema pode ser superado com a deposição de uma intercamada contendo silício em temperatura de pelo menos 300°C. Tal condição eleva a complexidade e gasto energético para aplicações industriais e inviabiliza a utilização em substratos onde altas temperaturas geram mudanças indesejadas [2].

Objetivo

Avaliar o efeito e mecanismo de ação de uma limpeza química seletiva da interface mais externa da intercamada contendo silício com plasma de hidrogênio na adesão do filme de carbono amorfo para promover adesão em temperaturas menores.

Metodologia



Resultados e discussão

Os resultados de GDOES (Fig. 1) indicam mudança drástica na distribuição de elementos da intercamada em função do tempo de tratamento com hidrogênio.

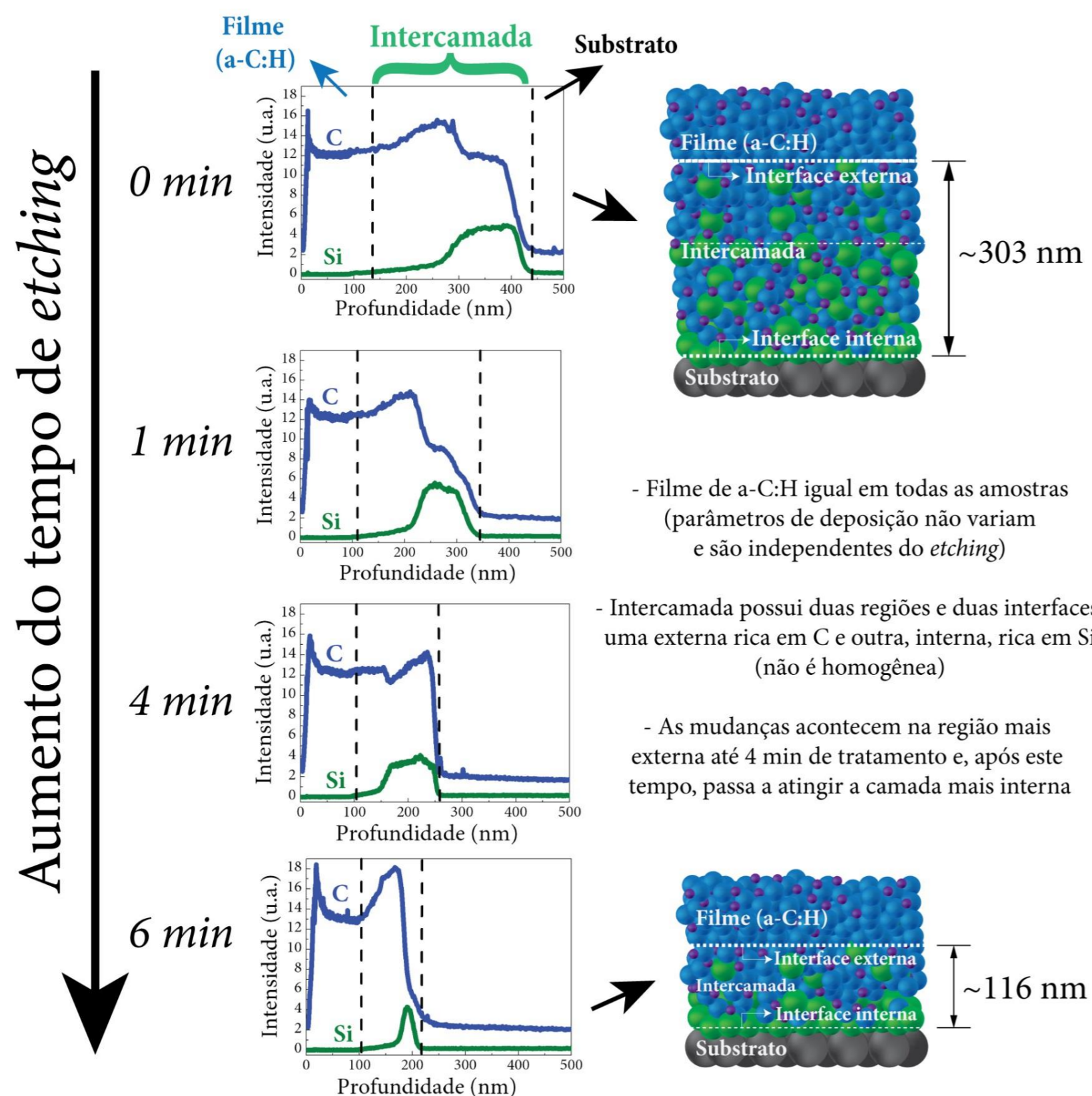


Figura 1. Resultados de GDOES e representação esquemática de duas intercamadas, pontuando as diferenças de composição com aumento do tempo de etching.

Espécies voláteis de C e Si podem ser formadas com H e, assim, dessorvidas da interface, promovendo o aumento de ligações possíveis no momento da deposição do filme de carbono e, conseqüentemente, aumento da adesão. A ação do *etching*, entretanto, é diferente para as duas regiões da intercamada (Fig. 2), baseada na diferença de entalpia de formação entre compostos com C e Si, sendo mais rápida no início (mais C) e praticamente constante com aumento do tempo.

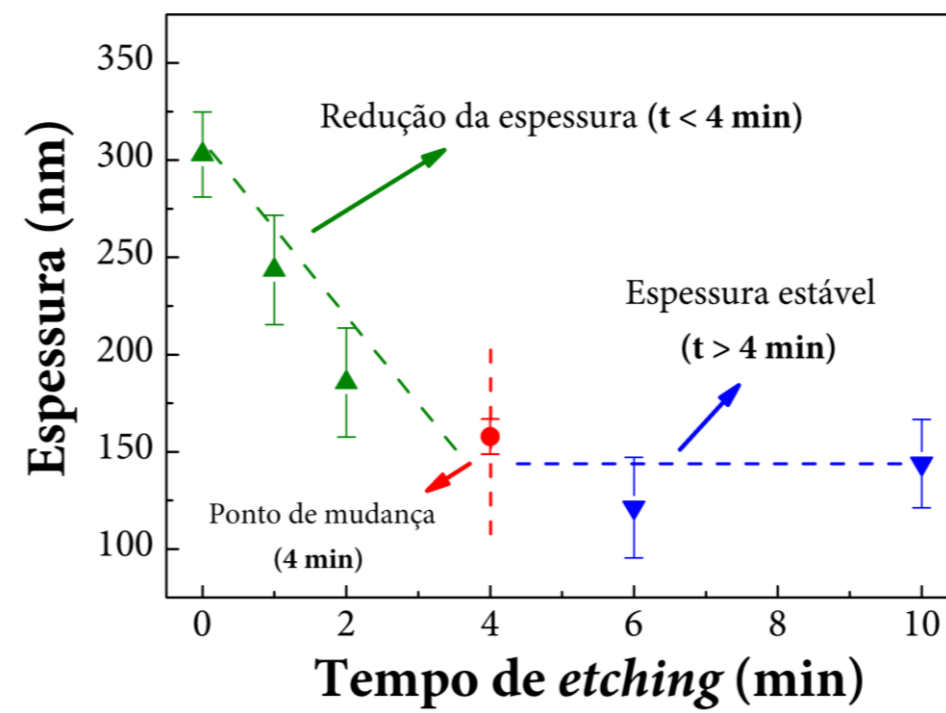


Figura 2. Espessuras da intercamada obtidas por MEV

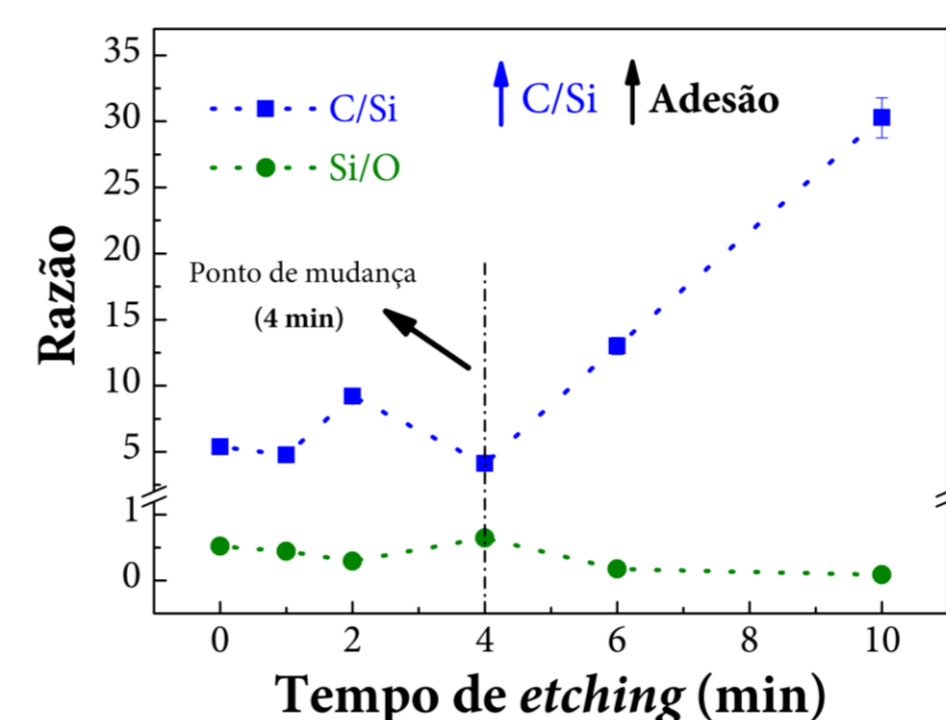
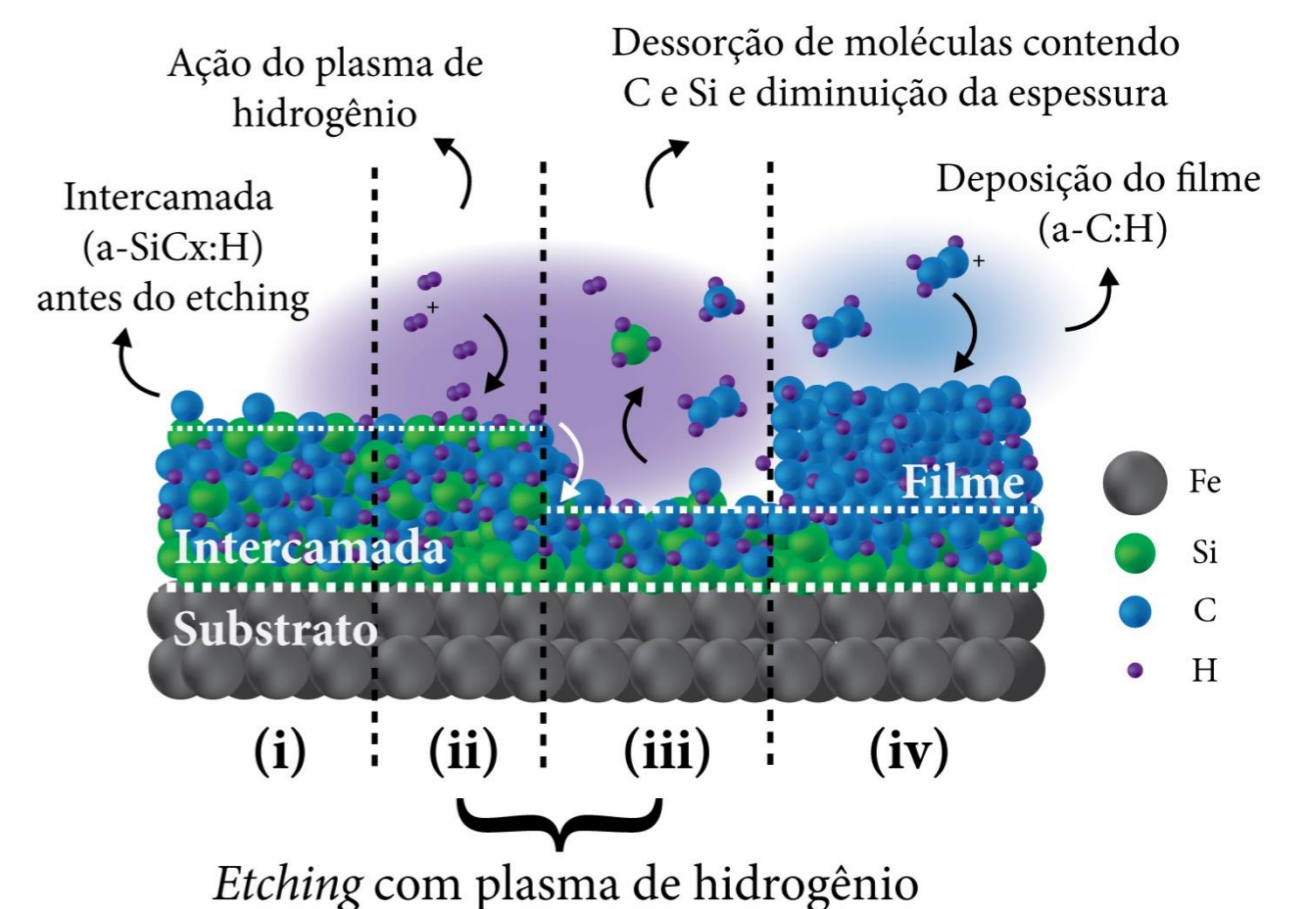


Figura 3. Razões obtidas por GDOES

Com os resultados de GDOES, pode-se calcular uma razão entre elementos constituintes da intercamada (Fig. 3). O aumento da razão C/Si e diminuição da Si/O levam à maior adesão final do filme, como já amplamente explorado na bibliografia da área [2]. A simples adição da etapa com tratamento de plasma de hidrogênio é responsável por promover este fenômeno já reportado com aumento da temperatura [2, 3]. Portanto, pode-se perceber que o tratamento de hidrogênio é tão efetivo quanto o aumento de temperatura para a adesão. Baseado nisto, um modelo de mecanismo pode ser proposto (Fig. 4).



Etching com plasma de hidrogênio

Figura 4. Proposta de mecanismo do *etching* de hidrogênio

Finalmente, peças reais e amostras foram submetidas, conjuntamente, à deposição de filmes de a-C:H sob mesmas condições e baixa temperatura na intercamada (180°C), mas variando o *etching* de hidrogênio (Fig. 5).

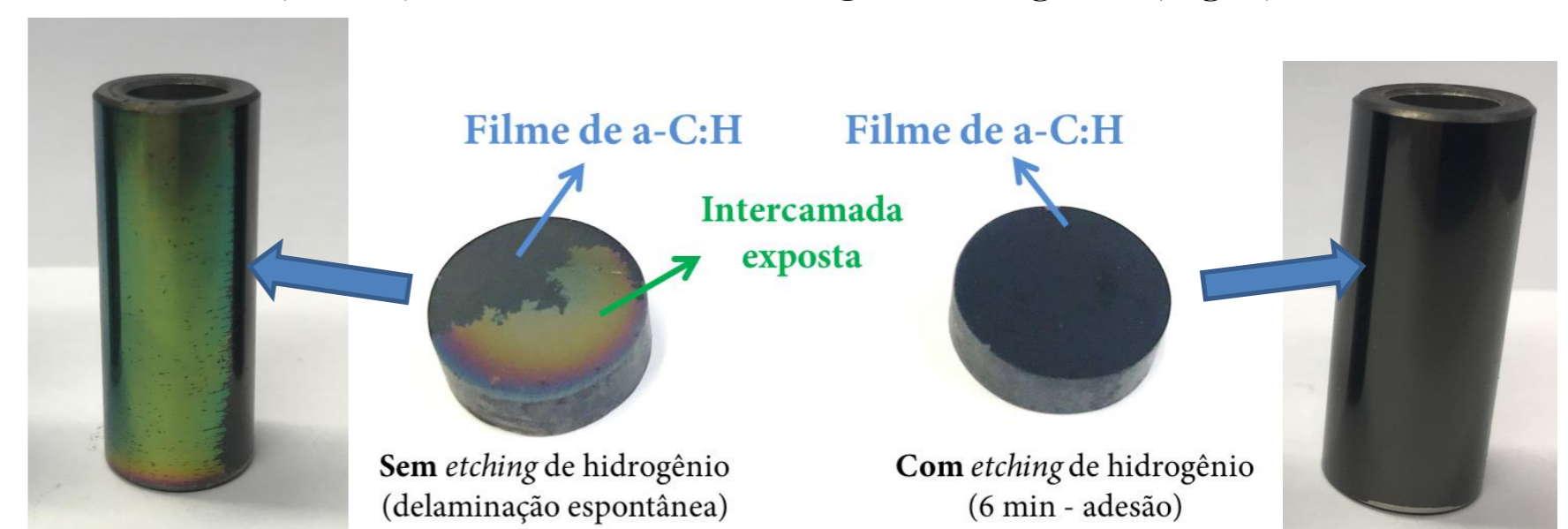


Figura 5. Amostras e peças reais (pistão de motor automotivo) com deposição de filmes de carbono amorfo, comprovando a eficiência do *etching* na adesão do filme

Resultados e discussão

O tratamento com hidrogênio, com mecanismo definido e entendido [4], pode ser definido como um processo promissor para assegurar a adesão de filmes de carbono amorfo utilizando intercamada contendo silício pois promove o aumento de ligações químicas possíveis e não necessita de modificações no equipamento padrão de deposição nem de condições extremas para operação.

Referências

- [1] J. Robertson. Materials Science and Engineering R 37 (2002) 129-281
- [2] F. Cemin, L.T. Bim, L.M. Leidens, M. Morales, I.J.R. Baumvol, F. Alvarez, C.A. Figueroa. ACS Appl. Mater. Interfaces. 7 (2015) 15909-15917
- [3] C.D. Boeira, L.M. Leidens, F. Cemin, E.R. Petry, M.E.H. Maia da Costa, S.S. Camargo, A.F. Michels, C.A. Figueroa. Thin Solid Films. 645 (2018) 351-357
- [4] L. M. Leidens, Â. E. Crespi, C. D. Boeira, F. G. Echeverrigaray, C. A. Figueroa. Applied Surface Science. 455 (2018) 1179-1184.

Agradecimentos