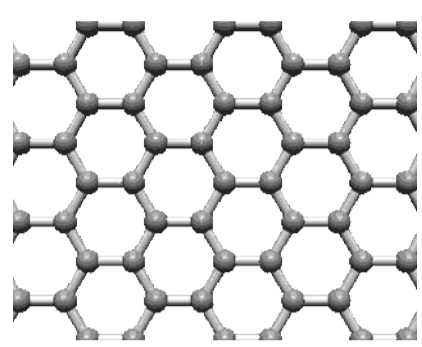


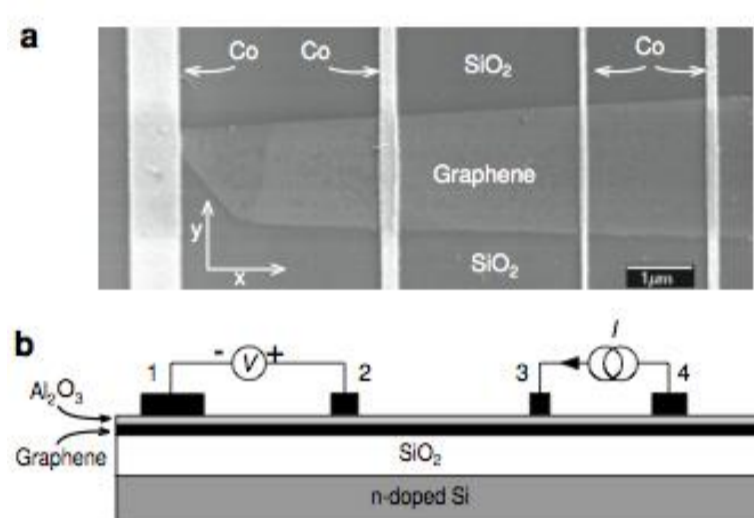
## INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO



**Fig.1:** Desenho esquemático da rede cristalina hexagonal do grafeno.

O grafeno, monocamada de átomos de carbono arranjados hexagonalmente (Fig.1), possui propriedades elétricas interessantes para o estudo da como alta mobilidade eletrônica e comprimento de vida de spin de poucos micrometros à temperatura ambiente [1,2]. Tal estudo pode ser realizado através de um dispositivo onde uma corrente spin polarizada seja injetada no grafeno através

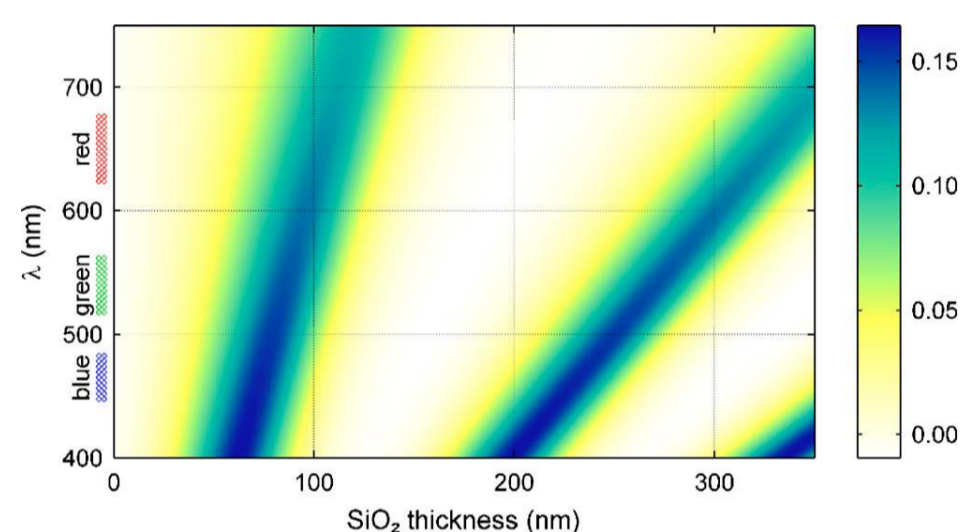
de um contato ferromagnético, e uma diferença de potencial seja detectada em contatos a poucos micrometros de distância (Fig.2). Este trabalho faz parte de um conjunto de estudos que objetivam a construção de dispositivos como o citado. \*



**Fig.2:** Desenho esquemático [1] de um dispositivo que pode ser utilizado para o estudo de spintrônica com grafeno. Vista superior (a) e vista lateral (b).

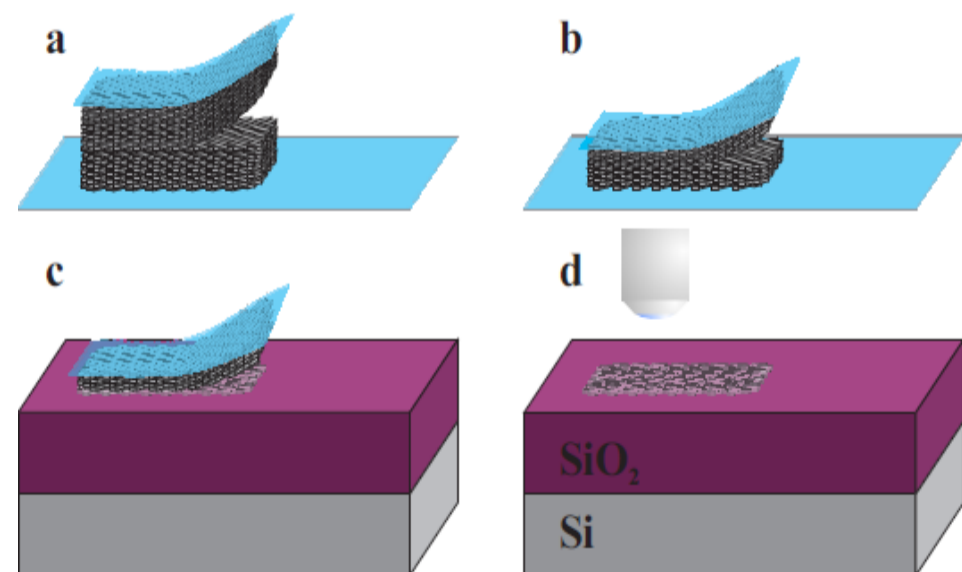
## PRODUÇÃO DOS GRAFENOS

O primeiro passo é o crescimento de SiO<sub>2</sub> por oxidação seca em Si(100). A espessura do óxido crescido é de 90 nm, pois, conforme estudos sugerem, essa resulta em melhor contraste para a visualização do grafeno através de luz branca [4].



**Fig.2:** Gráfico colorido (digitalmente) do contraste como função do comprimento de onda versus espessura do óxido de Silício. A escala de cores ao lado mostra o contraste esperado. [2]

Dentre as diversas formas de produção de grafeno, a escolhida para esta pesquisa foi esfoliação mecânica de *flakes* de grafite (método apresentado na Fig.3), por resultarem em grafenos com menos defeitos e impurezas. Para tal é utilizada a fita Nitto Tape SW10+. A fita é pressionada contra o substrato e, neste, ficam depositados monocamadas, bicamadas, grafites, e restos de cola da fita.

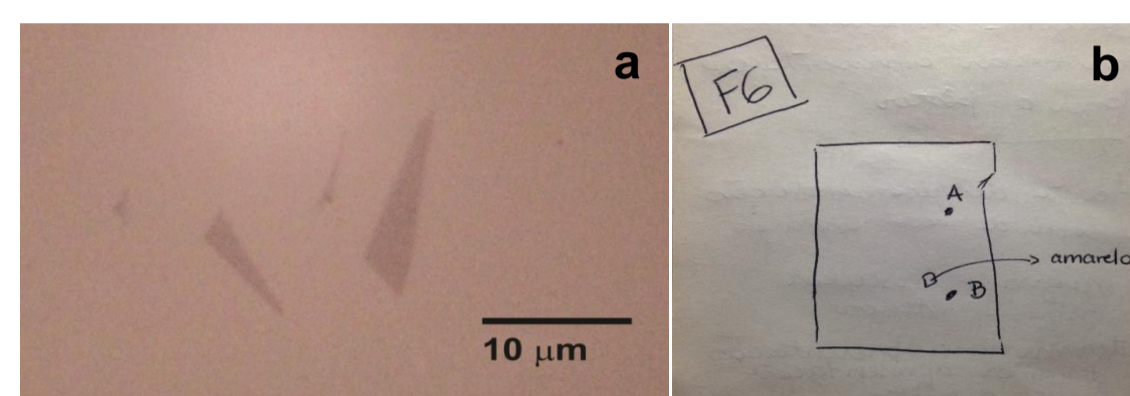


**Fig.3:** Desenho esquemático da esfoliação mecânica de grafeno [3].

(a) Esfoliação de um *flake* de grafite; (b) esfoliação de um *flake* com menos camadas de grafite; (c) fita sendo pressionada sobre o substrato; (d) amostra sendo analisado no microscópio ótico.

## CARACTERIZAÇÃO DOS GRAFENOS

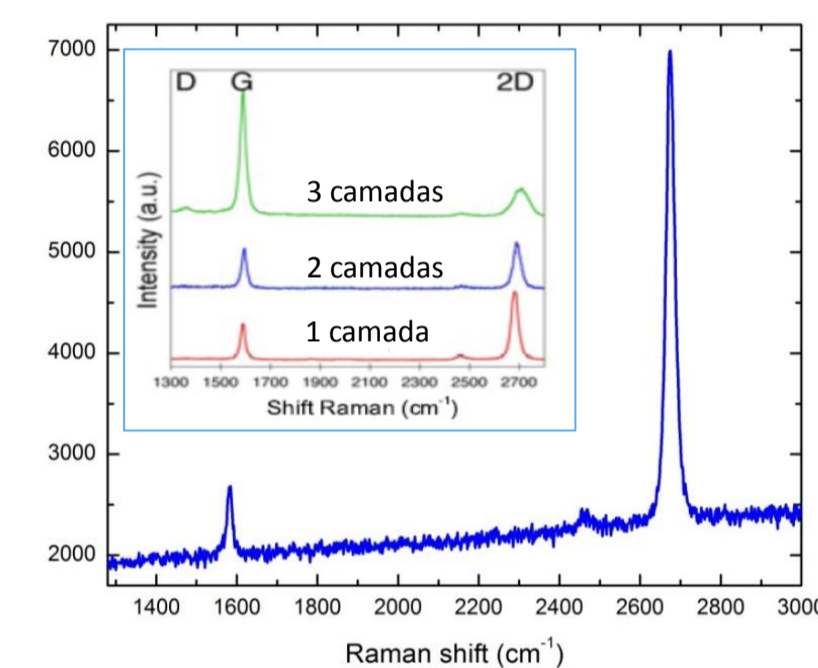
A amostra é então analisada por meio de microscopia ótica com o propósito de mapear os grafenos através de seu contraste, fotografá-los, e anotar as suas posições em desenhos esquemáticos para facilitar sua localização nas próximas etapas (Fig.4).



**Fig.4:** (a) Microscopia ótica de um grafeno feita com aumento de 1000x. (b) Desenho esquemático do posicionamento do grafeno no substrato.

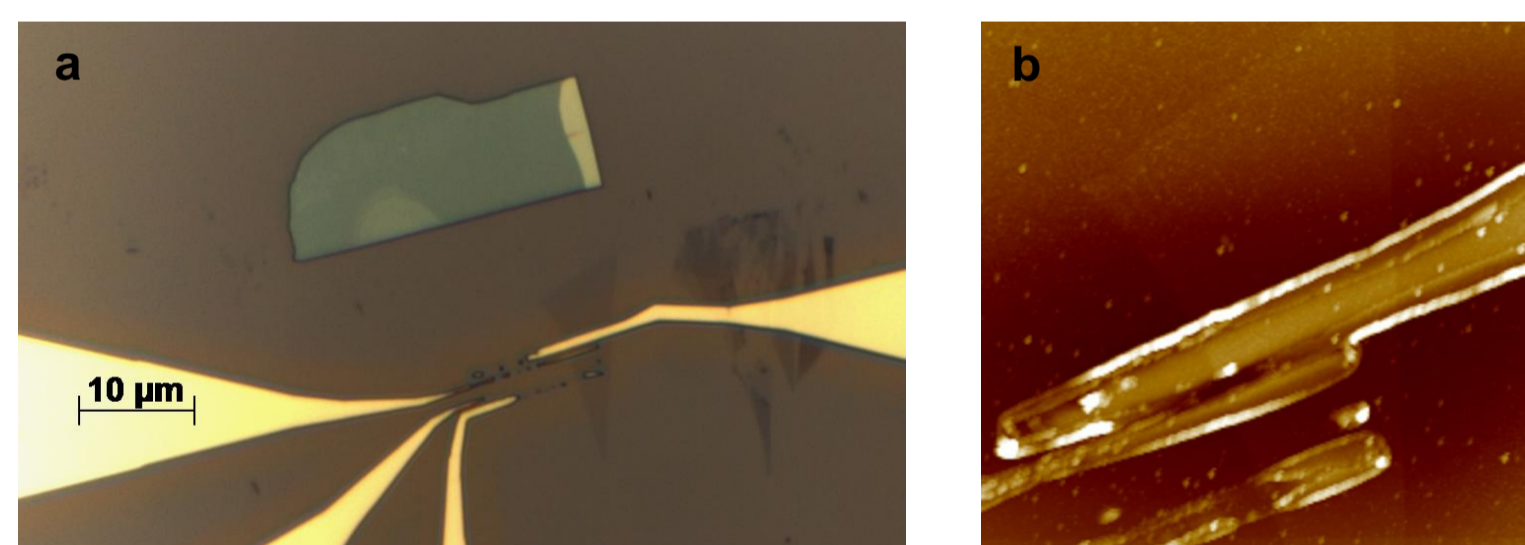
Para determinar o número real de camadas e a qualidade dos possíveis grafenos, é utilizada espectroscopia Raman (Fig.5) e microscopia de força atômica (Fig.6b)

**Fig.5:** Espectro Raman do grafeno da Fig.4 a, através da comparação percebe-se que é uma monocamada. Inset, espectro Raman esperado de mono, bi e tricamadas de grafeno, para comparação com os espectros das amostras.



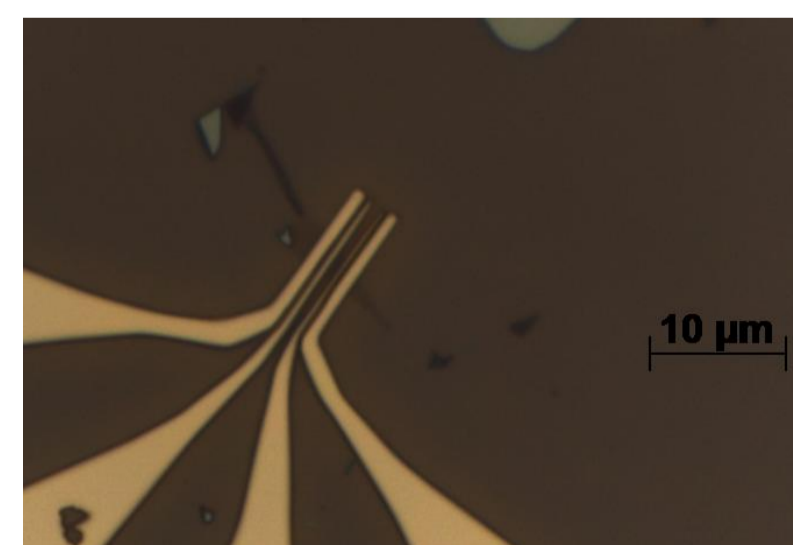
## CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO

Após caracterizado, é construído o dispositivo sobre o grafeno: deposita-se a barreira túnel (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e os contatos elétricos - estes, por sua vez, construídos através de litografia por feixe de elétrons - sendo a camada metálica (Co) depositada, posteriormente, via *magnetron sputtering*.

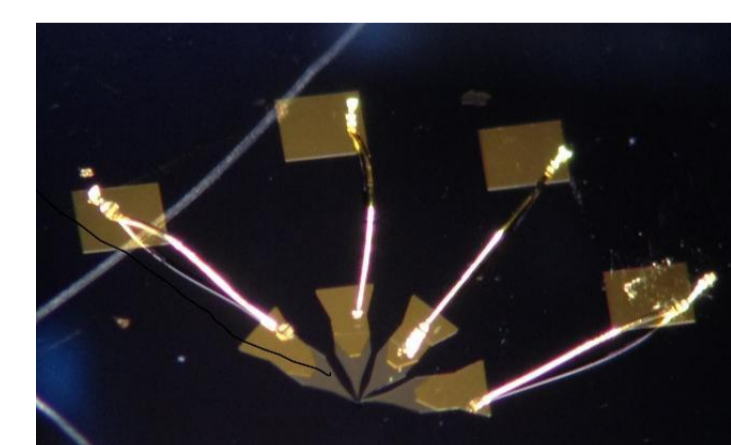


**Fig.6:** (a) imagem de microscopia ótica dos contatos já depositadas. (b) Imagem de AFM dos mesmos contatos da Fig.6a.

Os contatos podem apresentar algumas falhas devido a deposição lateral, não aderência nos grafenos. Assim, torna-se necessária a análise de danos nesse material e a qualidade do próprio contato após a finalização do dispositivo. Tal análise é realizada por microscopia de força atômica (AFM) (ver Fig.6b) e microscopia ótica (ver Fig.6a e 7). Nos contatos finalizados adequadamente (Ver Fig.7), são soldados fios de ouro (Fig.8), que possibilitam a realização das medições elétricas.



**Fig.7:** Contato que aderiu adequadamente ao grafeno e substrato.



**Fig.8:** Imagem de um dispositivo pronto para ser medido, já com os fios de ouro soldados.

## REFERÊNCIAS

- [1] N.Tombros, C. Jozsa, M. Popinciuc, H.T. Jonkman, B.J.van Wees. Electronic spin transport and spin precession in single graphene layers at room temperature. *Nature* 2007, **448**, 571-574.  
 [2] Wei Han, K.M. McCreary, K. Pi, W.H. Wang, Yan Li, H. Wen, J.R. Chen, R.K. Kawakami. Spin transport and relaxation in graphene. *J. Magn. Magn. Mater.* 2012, **324**, 369-381.  
 [3] P. Seneor, B. Dlubak, M.-B. Martin, A. Anane, H. Jaffres, A. Fert. Spintronics with graphene. *MRS Bull.* 2012, **37**, 1245-1254.  
 [4] P. Blake, E. W. Hill, A. H. Castro Neto, K. S. Novoselov, D. Jiang, R. Yang, T. J. Booth, A. K. Geim. Making graphene visible. *Appl. Phys. Lett.* 2007, **91**, 063124.  
 \*Trabalho realizado em colaboração com Daniel L. Baptista e Bárbara Canto.