



# Influence of dispersion of graphene oxide and reduced graphene oxide on polyurethane in gas permeation

Universidade do Estado Do Rio de Janeiro

PPG-EM

Alessandro Eronides de Lima Silva

Orientadores:

José Brant de Campos  
Suzana B. Peripolli

# Sumário

## Introdução

- Processos de separação por membranas
- Nanocompósitos
- Grafeno

## Objetivos

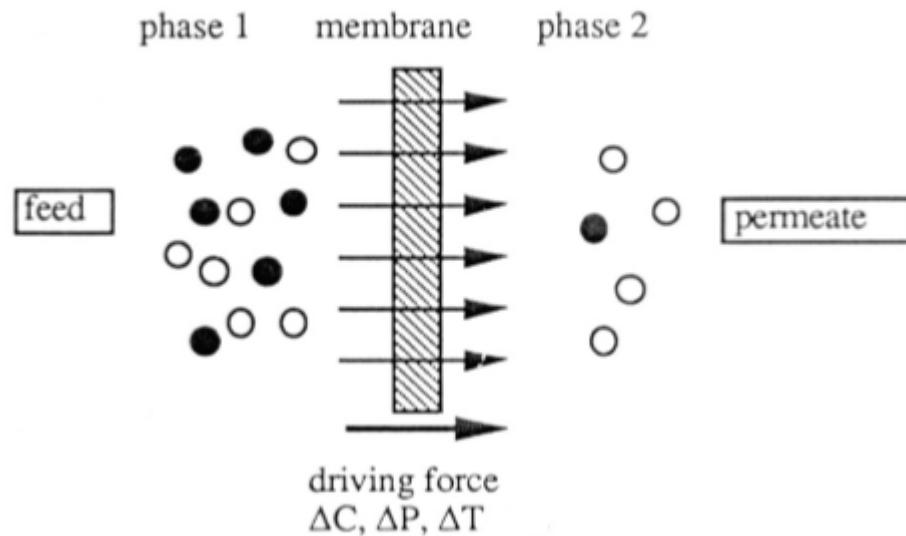
## Metodologia

## Resultados

## Conclusões

# Processos de Separação por Membranas Poliméricas

Definição de Membrana:



# Processos de Separação por Membranas Poliméricas

Aplicações na indústria, alguns exemplos:

Separadores de membrana para nitrogênio:

- Permeação seletiva para separar as moléculas de nitrogênio do ar.
- Nitrogênio resultante é seco e pronto para uso em aplicações industriais

Recuperação de hidrogênio de alta pureza em:

- Usinas de amônia
- Refinarias de óleo
- Usinas petroquímicas.

# Processos de Separação por Membranas Poliméricas

- Literatura:

Modificações na estrutura das membranas poliméricas através de incorporação de aditivos inorgânicos.

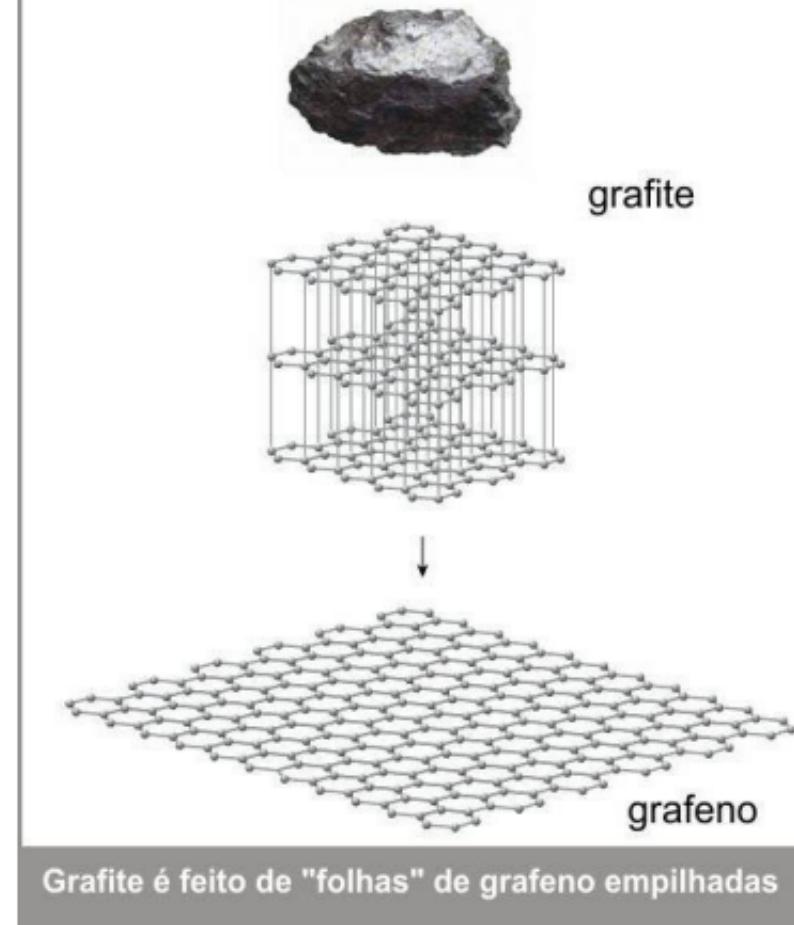
# Nanocompósitos

São combinações entre uma matriz e nanomateriais que atuam como enchimento.

- Promovem melhor dispersão na matriz e por isso uma melhoria das propriedades físicas do compósito.

# Grafeno

- O Grafeno é um material constituído por uma camada extremamente fina de grafite.
- Foi descoberto no final de 2004, no centro de Nanotecnologia da Universidade de Manchester.
- Cientistas Konstantin Novoselov (russo-britânico) e Andre Geim (russo-holandês).



# Características do Grafeno

- Excelente condutividade elétrica e resistência mecânica;
- Transparência ótica;
- Boa estabilidade térmica.

# Principais métodos de obtenção

Método	Esfoliação mecânica	Redução química	Crescimento epitaxial em SiC	CVD em Metais
Tamanho	10~100	> 6"	< 4"	> 6"
Mobilidade	Alta	Baixa	Alta	Alta
Transferência	Sim	Sim	Não	Sim
Aplicação	Não	Sim	Pouca	Sim
Produção em larga escala	Não	Sim	Sim	Sim

# Objetivos do Estudo

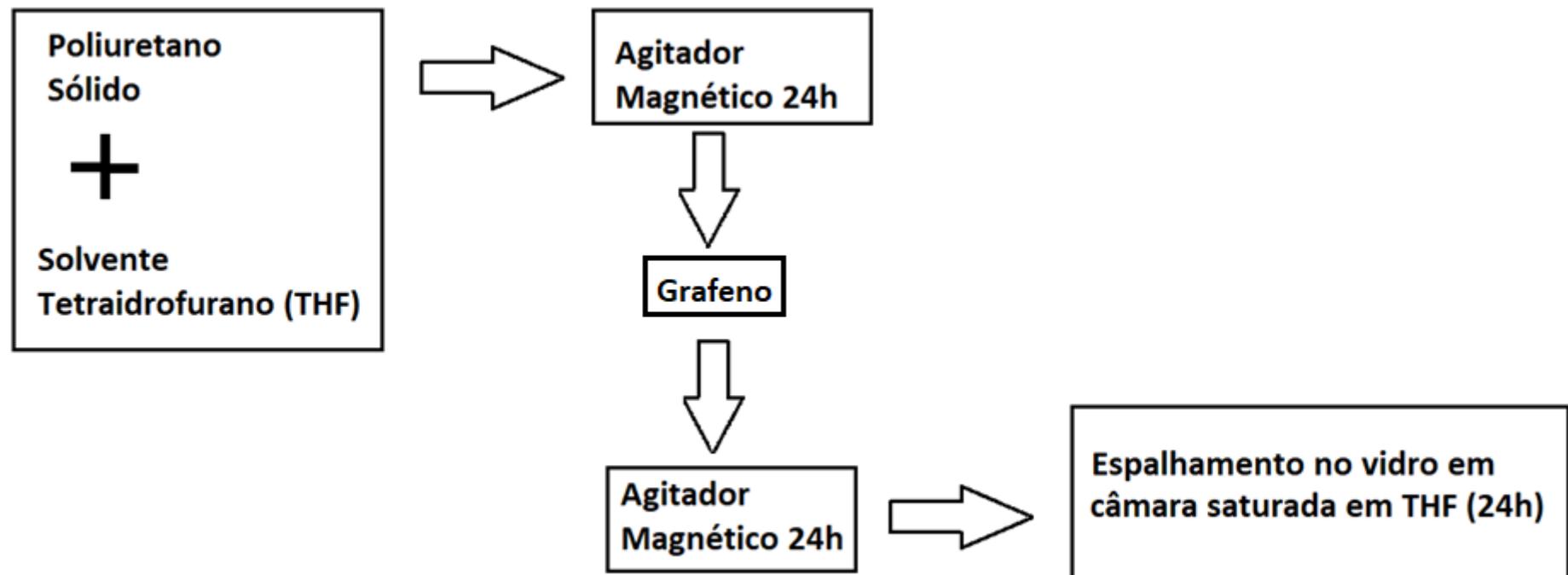
- Analisar o efeito da utilização da Ponteira ultrassônica na dispersão do grafeno em membranas de Poliuretano.
- Realizar ensaios de permeação nas membranas produzidas.

# Metodologia

- Fabricação das Membranas de Poliuretano.
- Caracterizações das membranas fabricadas.
- Ensaio de Permeação de permeação nas membranas com os gases N<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

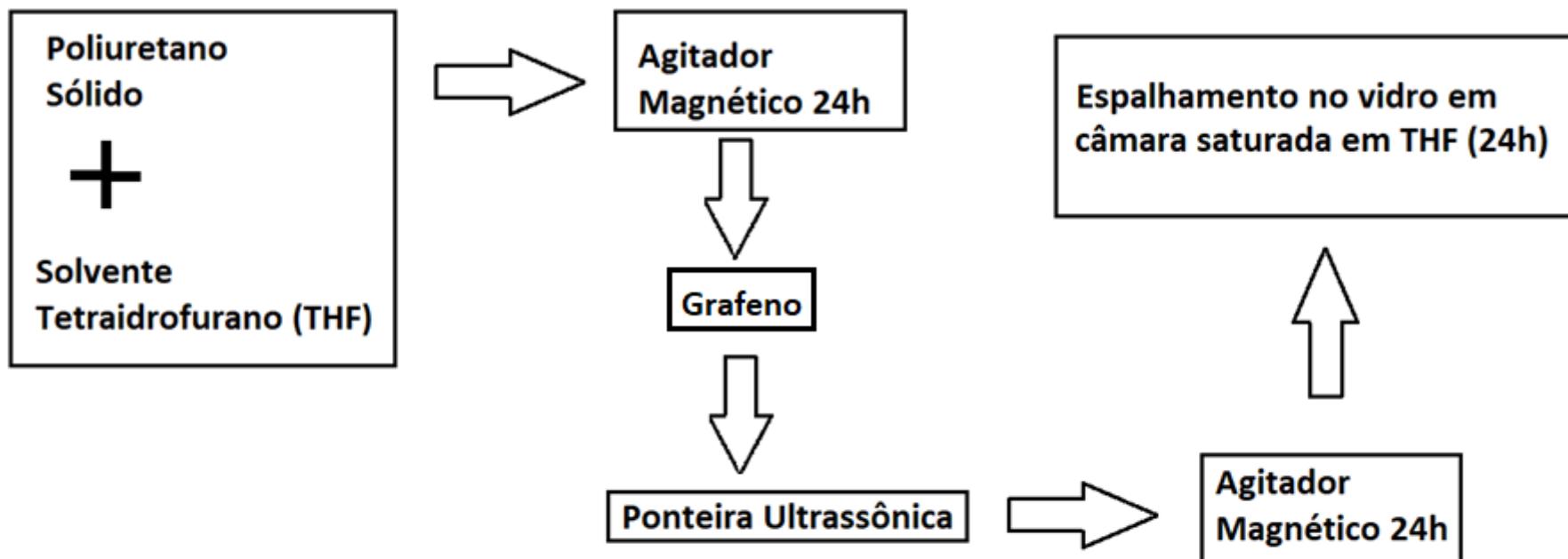
# Fabricação das membranas

Método de fabricação das membranas com grafeno sem Ponteira ultrassônica:



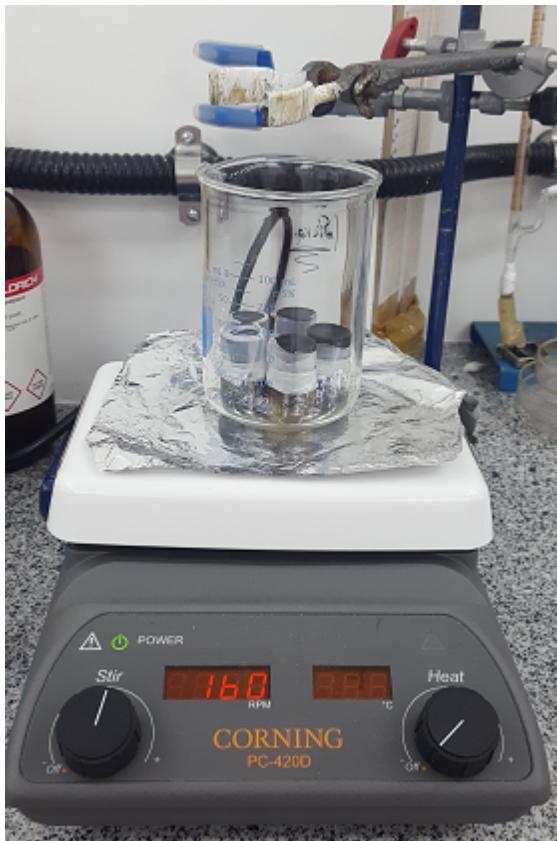
# Fabricação das membranas

Método de fabricação das membranas com Grafeno Oxidado (GO) e Grafeno Oxidado Reduzido (RGO) utilizando a Ponteira ultrassônica:



# Fabricação das membranas

## Agitador Magnético



## Ponteira Ultrassônica



# Caracterizações

- Microscópio óptico
- Espectroscópio Raman
- Microscópio eletrônico de varredura
- Microscópio de força atômica
- Espectroscópio Raman

# Ensaio de Permeação Gasosa

- Equação de Darcy:

$$J \cdot l = K(P1 - P2)$$

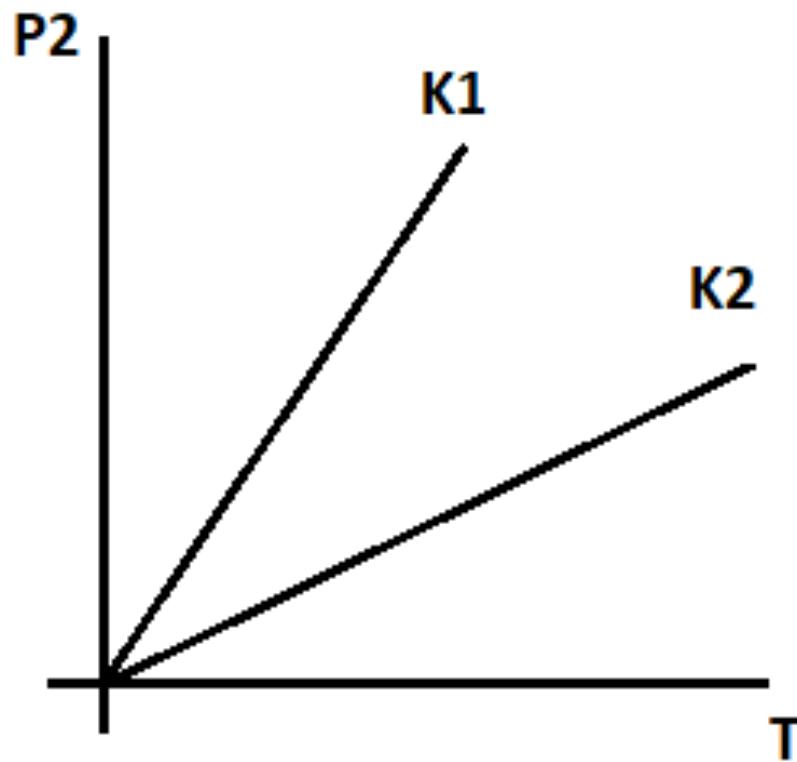
$J_v$  = Fluxo total

$K$  = Permeabilidade

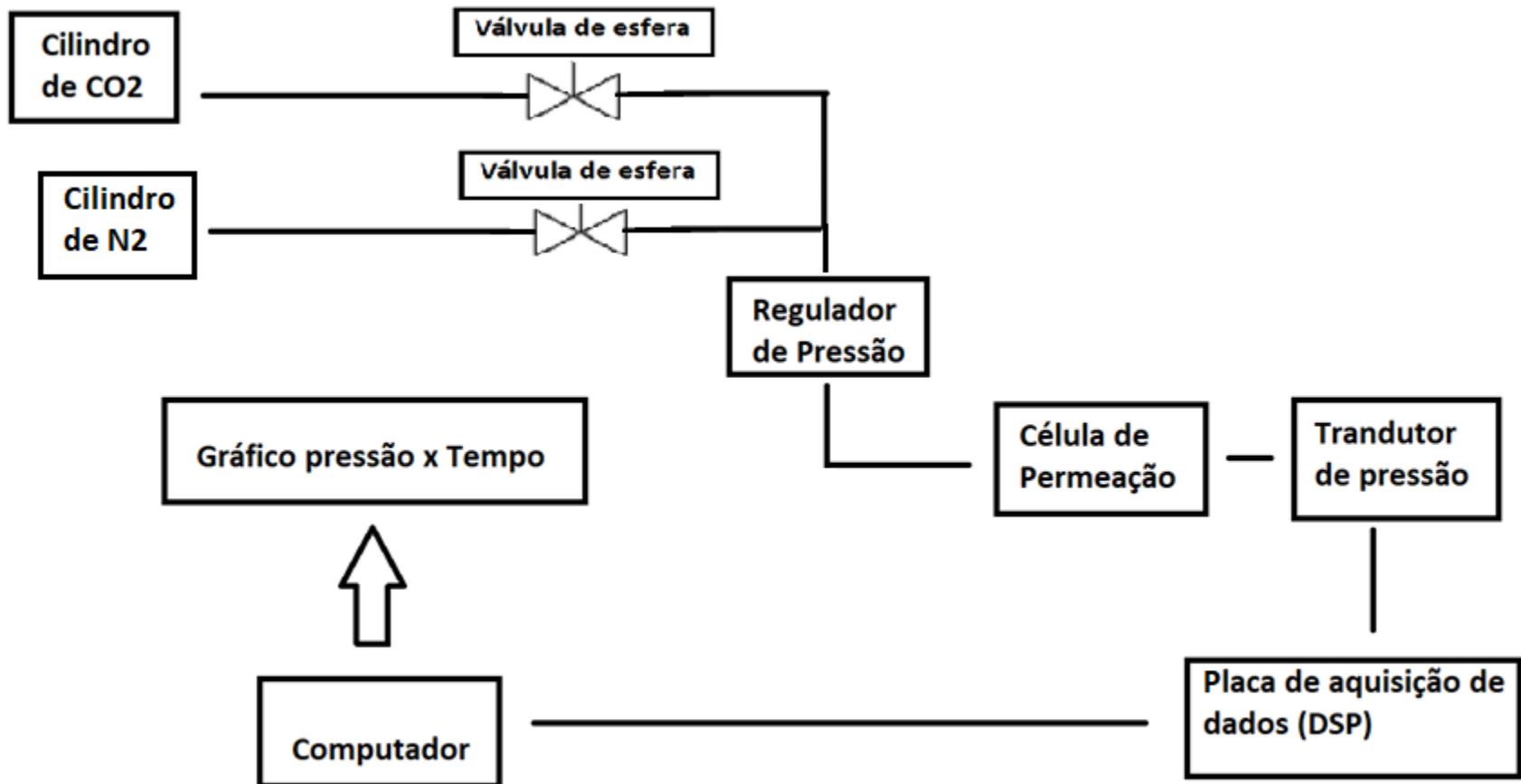
$P1$  = Pressão na entrada da membrana

$P2$  = Pressão do permeado

# Curvas de Permeação



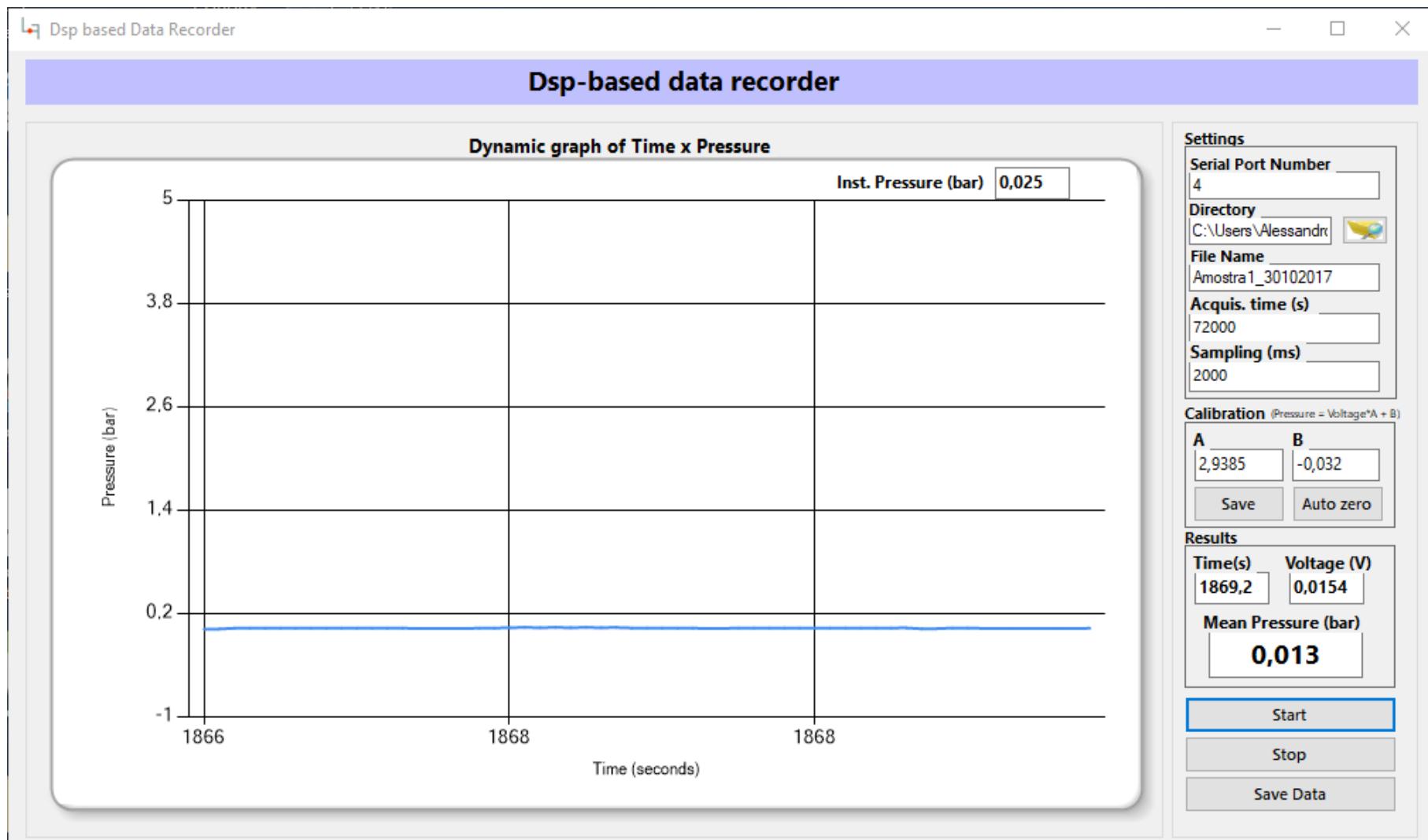
# Bancada de ensaio de permeação



# Bancada de ensaio de permeação



# Software de ensaio de permeação

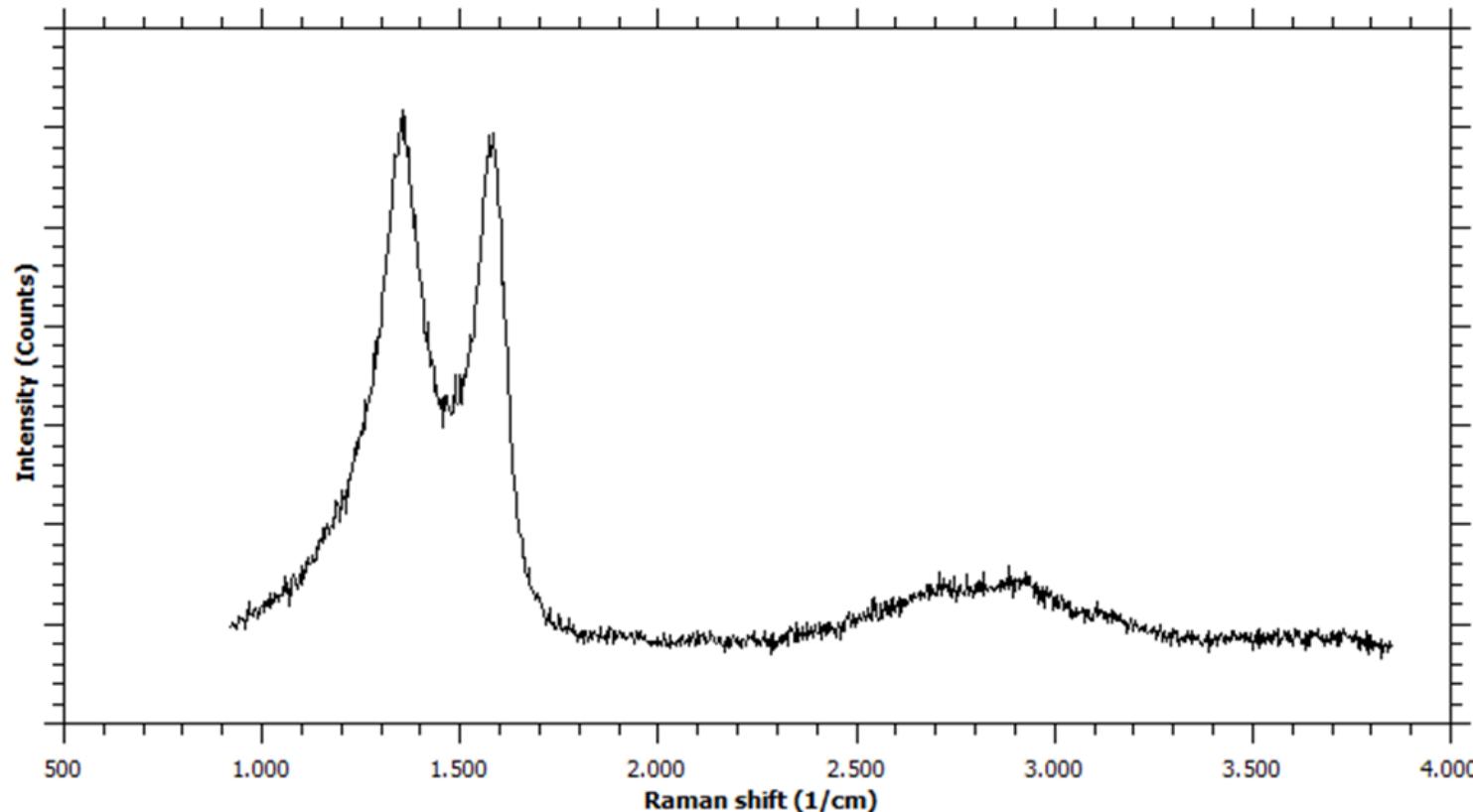


# Resultados

- Caracterizações
- Curvas de permeação

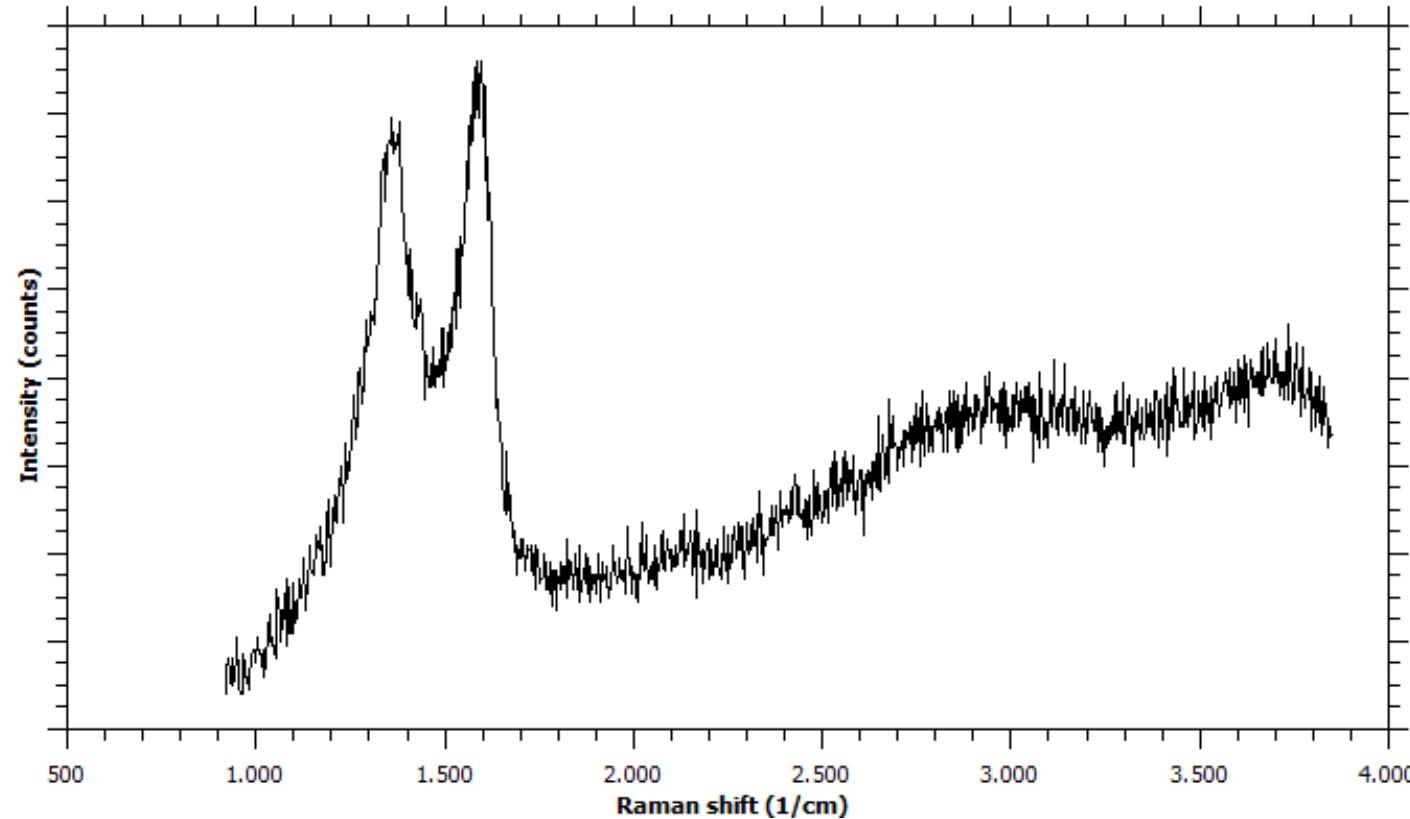
# Caracterizações- Espectroscopia Raman

Espectro Raman GO/PU:



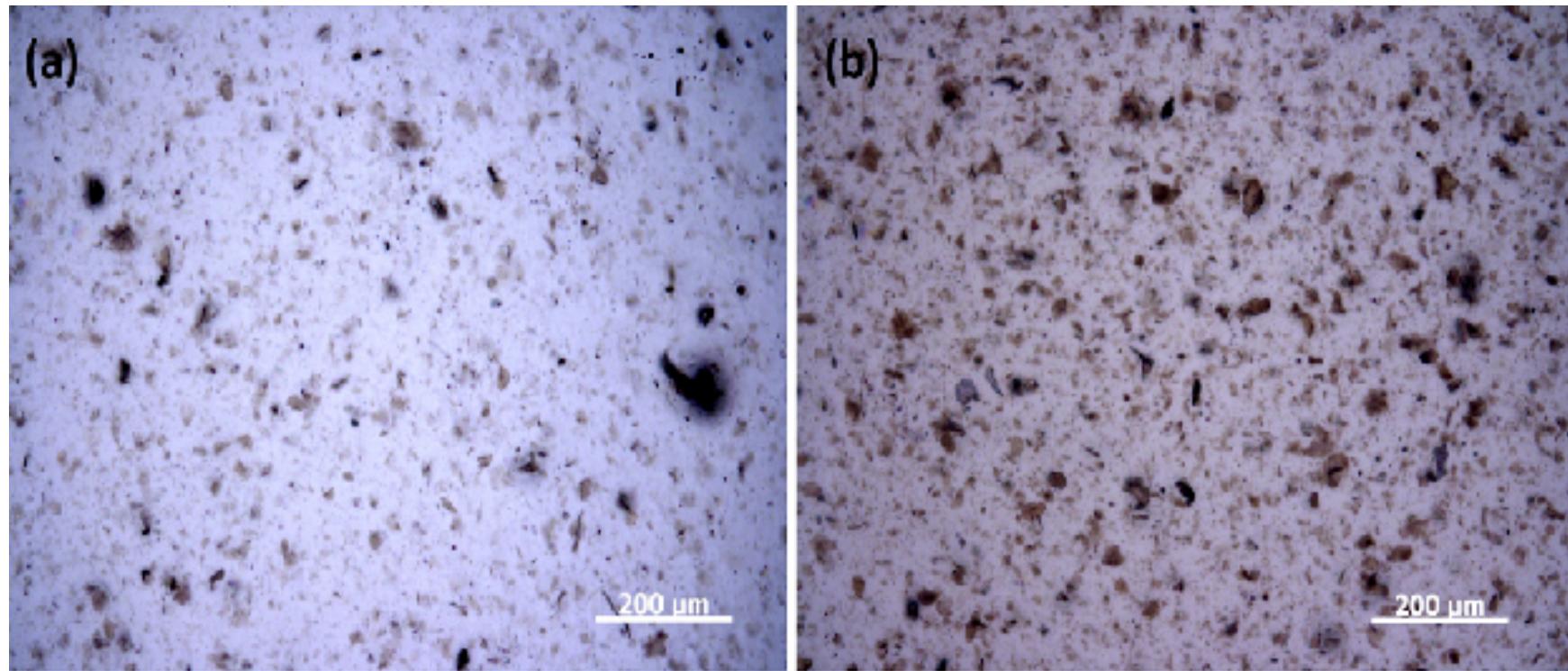
# Caracterizações- Espectroscopia Raman

Espectro Raman RGO/PU:



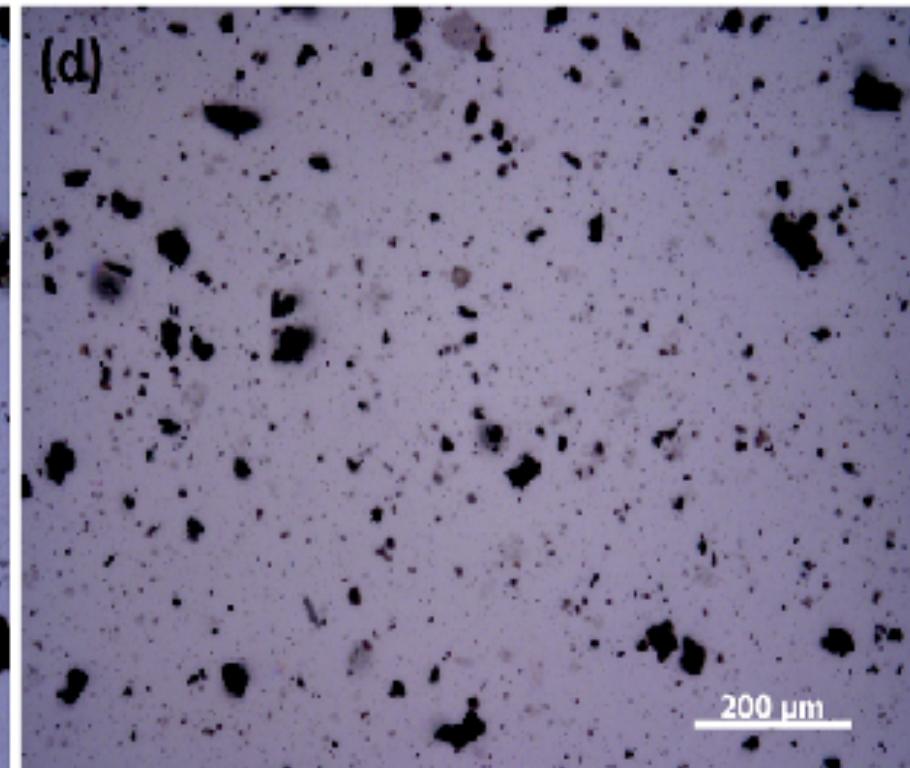
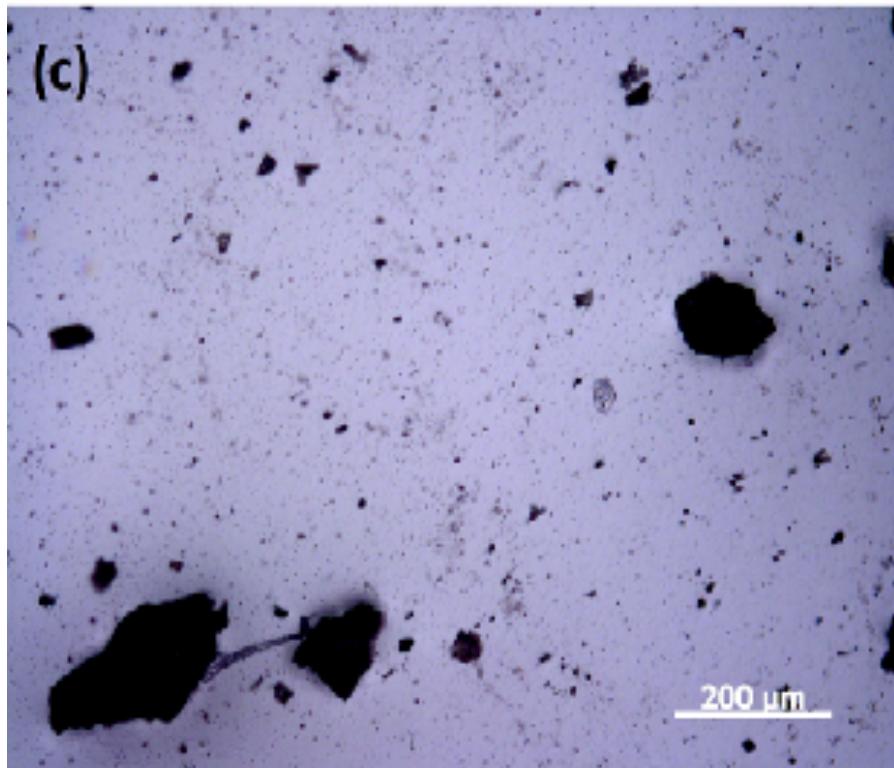
# Caracterizações - Microscopia óptica

- (a) Amostra de PU+GO, sem ponteira Ultrassônica
- (b) Amostra de PU+GO, com ponteira Ultrassônica



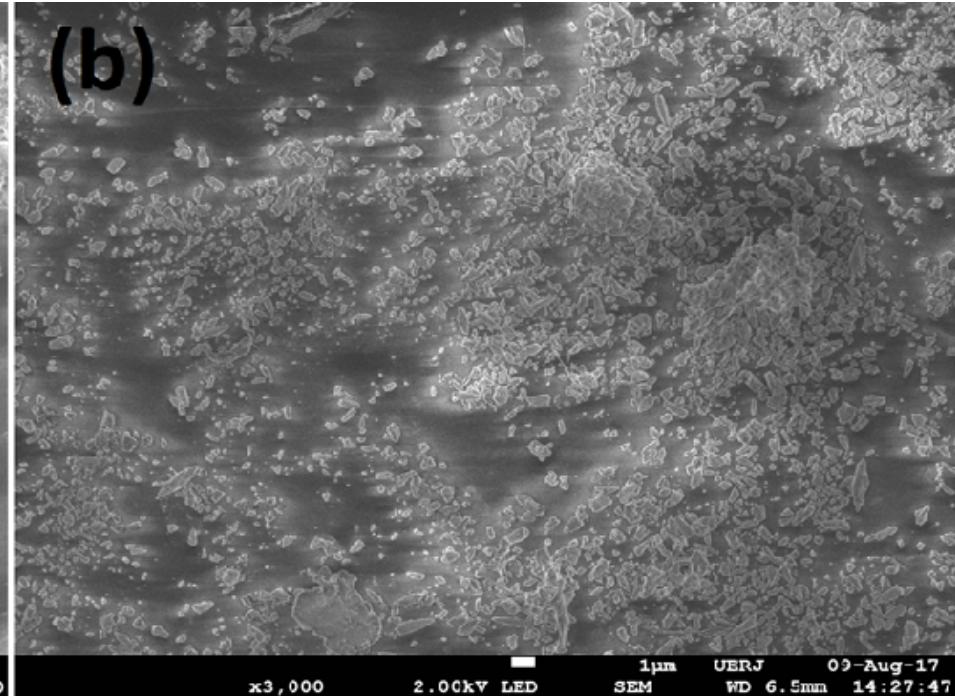
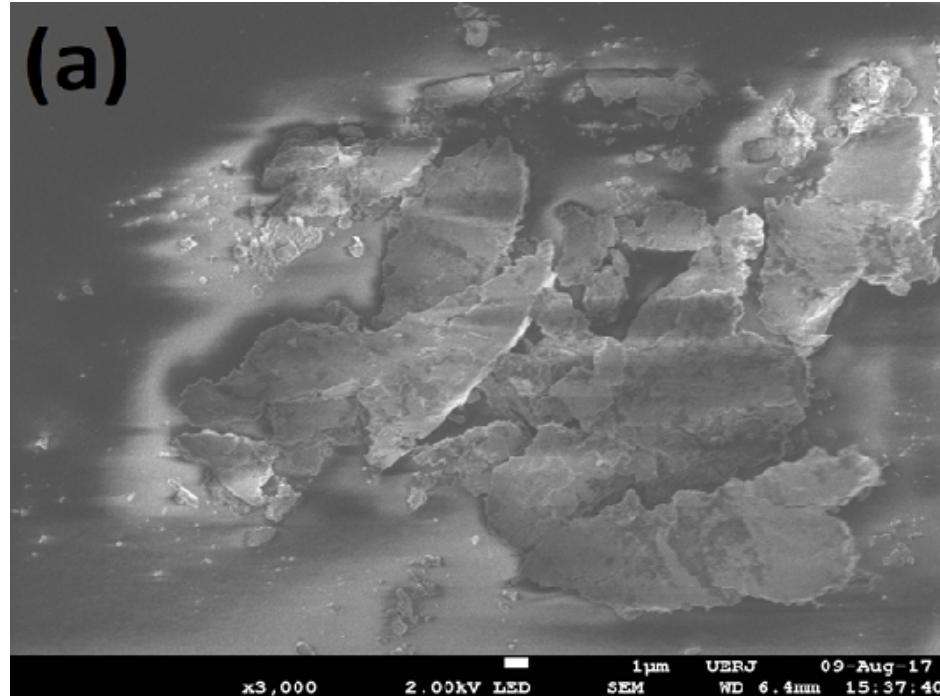
# Caracterizações - Microscopia óptica

- (c) Amostra de PU+RGO, sem ponteira Ultrassônica  
(d) Amostra de PU+RGO, com ponteira Ultrassônica



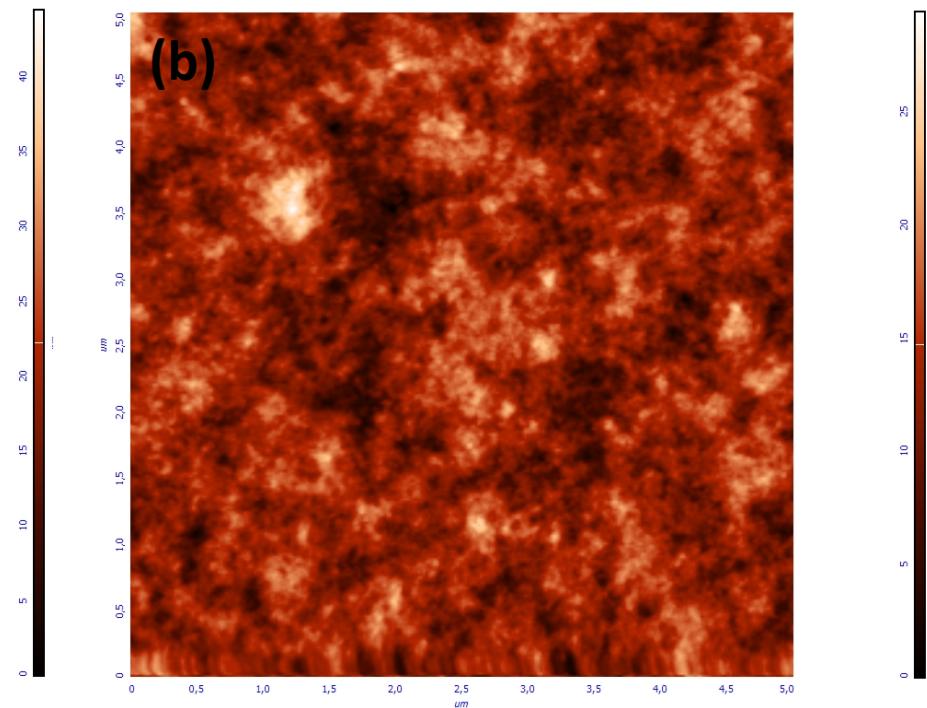
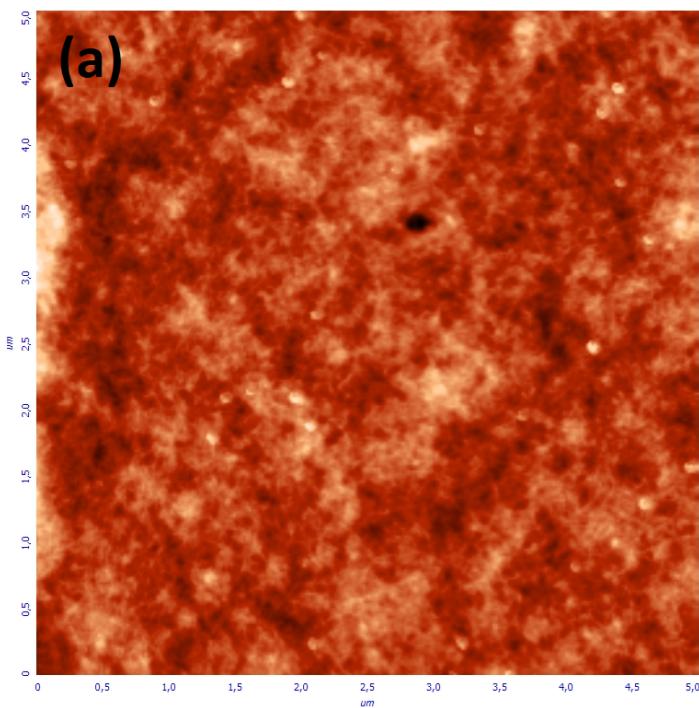
# Caracterizações - MEV-FEG

- PU/GO sem Ponteira Ultrassônica
- PU/GO com Ponteira Ultrassônica



# Caracterizações - AFM

- PU/RGO sem Ponteira Ultrassônica
- PU/RGO com Ponteira Ultrassônica



# Ensaios de Permeação - Primeiros Resultados

Foram realizados ensaios de permeação para N<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> com pressão de entrada de 4 bar

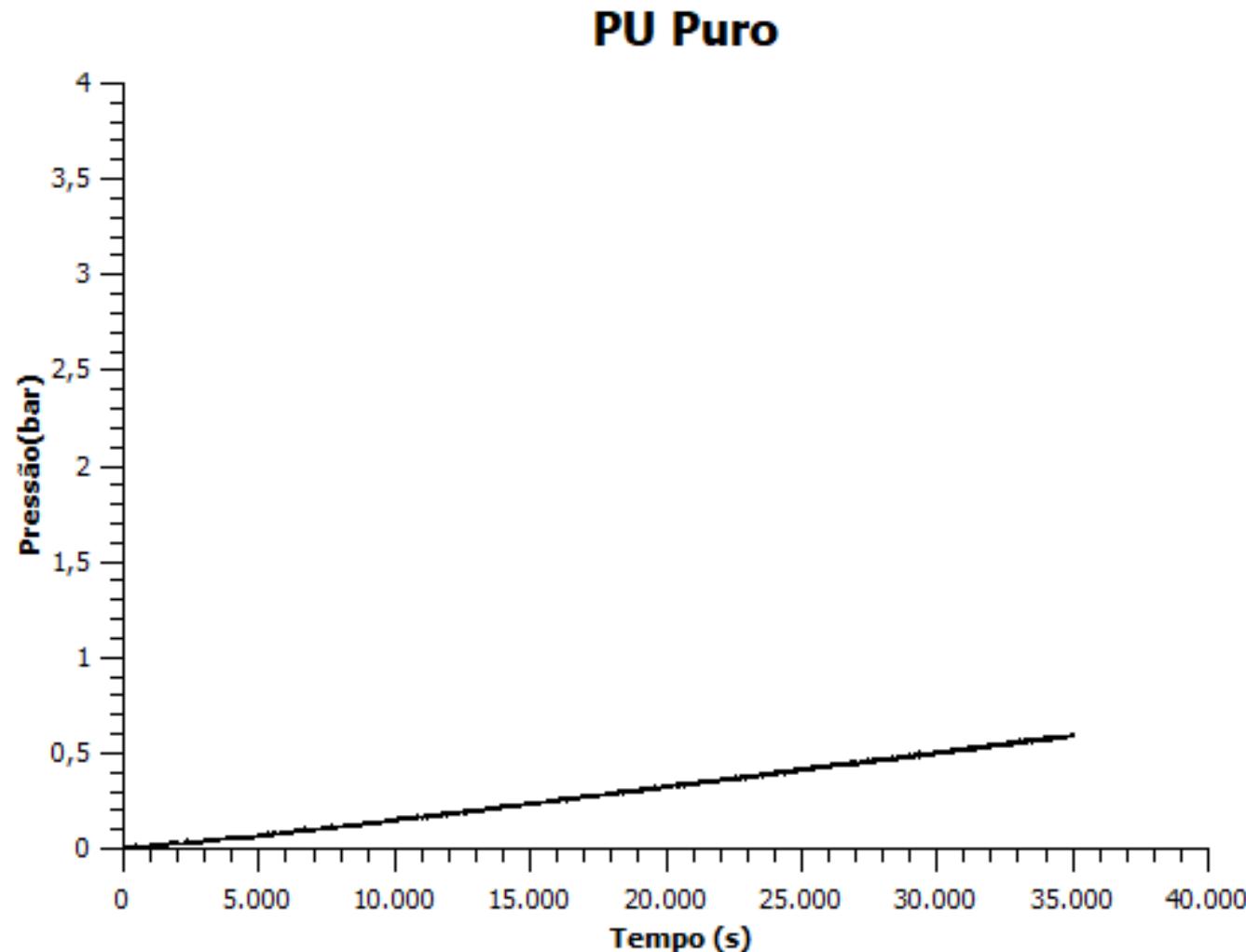
N<sub>2</sub> não permeou para estas condições

- Todas membranas com espessura abaixo de 0,065mm.

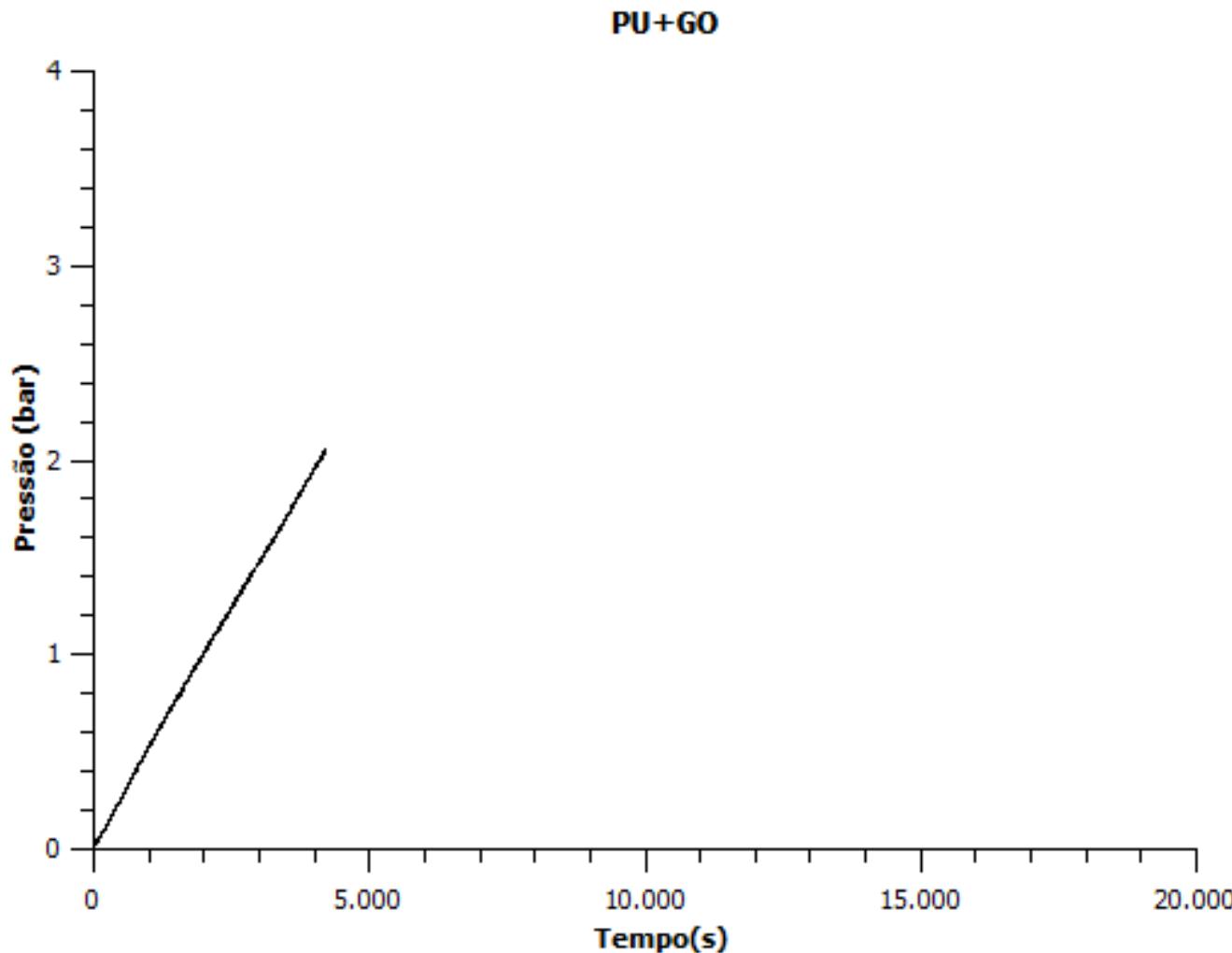
CO<sub>2</sub>, Membranas testadas:

- PU puro, espessura 0,042 mm.
- PU/GO sem ponteira, espessura 0,055 mm

# Curvas de permeação



# Curvas de permeação



# Conclusões

- Foi possível verificar a presença de grafeno nas amostras através espectros Raman.
- As imagens do microscópio óptico e do MEV FEG demonstraram uma melhor dispersão do grafeno nas amostras que utilizaram a ponteira ultrassônica.
- O AFM não mostrou grandes diferenças de topografia nas amostras.
- Primeiros ensaios de permeação com CO<sub>2</sub> indicam boa permeabilidade das membranas.

# Referências

- BAKER, R. W. “Future Directions of Membrane Gas Separation Technology”.
- BAKER, R. W., Membrane Technology and Application. 3nd edition, 2007.
- LI, H., FREEMAN, B.D., EKINER, O.M.”Gas permeation properties of poly(urethane-urea)s containing different polyethers”, 2011
- PARK, S.; RUOFF, R. S. Chemical methods for the production of graphenes. Nature Nanotechnology, 2009.
- WANG, X., LUO, X., WANG, X. “Study on blends of thermoplastic polyurethane and aliphatic polyester: morphology, rheology, and properties as moisture vapor permeable films”, 2005.