

# Síntese, caracterização e modificação de nanopartículas encapsuladas em dielétricos

## INTRODUÇÃO

Partículas formadas por um pequeno aglomerado de átomos recebem o nome de nanopartículas (NPS). Devido seu tamanho diferenciado, tipicamente entre 1 e 100 nm, apresentam propriedades físicas singulares, relacionadas com a razão da área de superfície pelo seu volume, que é muito mais alta do que em materiais massivos. Quando embebidas em matrizes dielétricas ou semicondutoras podem ter aplicações, por exemplo, em dispositivos optoeletrônicos e de armazenamento de informação.

Um método conveniente à produção de NPS é a implantação iônica em filmes dielétricos seguida de tratamentos térmicos. Nesta situação é possível controlar o tamanho médio das NPS formadas, porém o controle sobre a dispersão de tamanhos permanece um desafio.

Experimentos recentes indicam que o controle sobre a dispersão de tamanhos pode ser obtido influenciando-se diretamente os dois parâmetros físicos que governam o processo de nucleação: o coeficiente de difusão dos átomos em solução na matriz e a energia de superfície das NPS [2], através da irradiação com íons de alta energia concomitante a tratamentos térmicos em altas temperaturas

A caracterização das NPS embebidas em matrizes dielétricas foi realizada utilizando as Espectrometria de Espalhamento Rutherford (RBS) e a Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET).

## METODOLOGIA

### SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS

#### Simulações com SRIM®

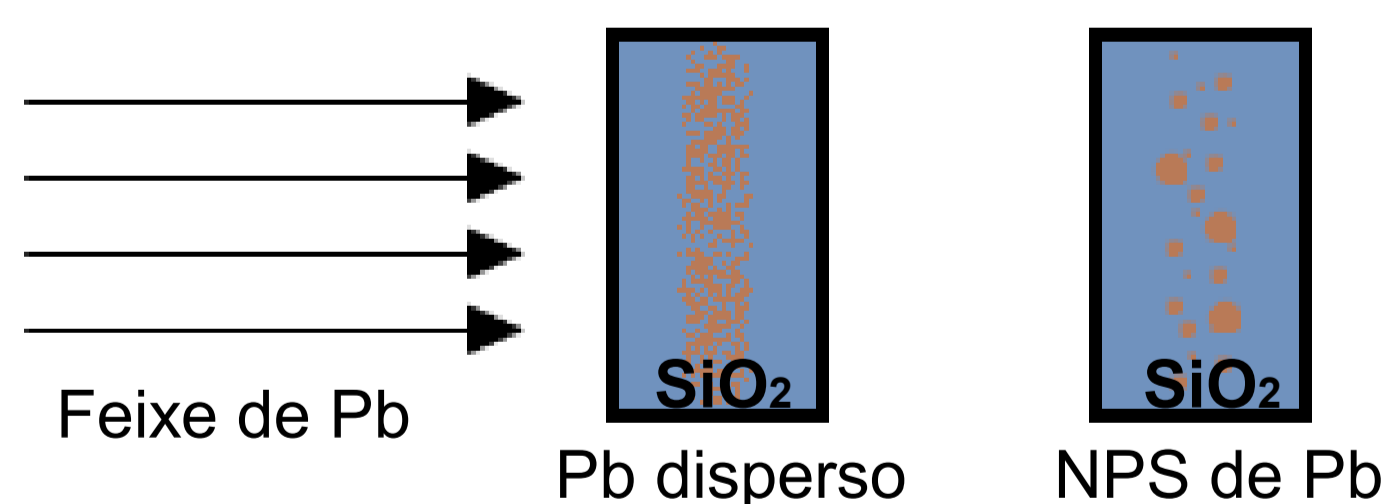
Para saber qual a energia que deveríamos realizar as implantações de Pb no SiO<sub>2</sub>, foram feitas simulações no programa SRIM®. Era de nosso interesse que o perfil de concentração dos átomos de Pb implantados ficasse localizado em torno do centro do filme de SiO<sub>2</sub>. Para isso, chegou-se à conclusão que deveríamos utilizar uma energia de implantação de 300 keV.

#### Implantação Iônica

Nos nossos experimentos, implantamos Pb em SiO<sub>2</sub> utilizando uma energia de 300 keV e doses variando de 1x10<sup>14</sup> até 1x10<sup>18</sup> átomos/cm<sup>2</sup>. A dose implantada está relacionada com a intensidade do feixe e o tempo de incidência sobre a amostra.

#### Tratamentos Térmicos

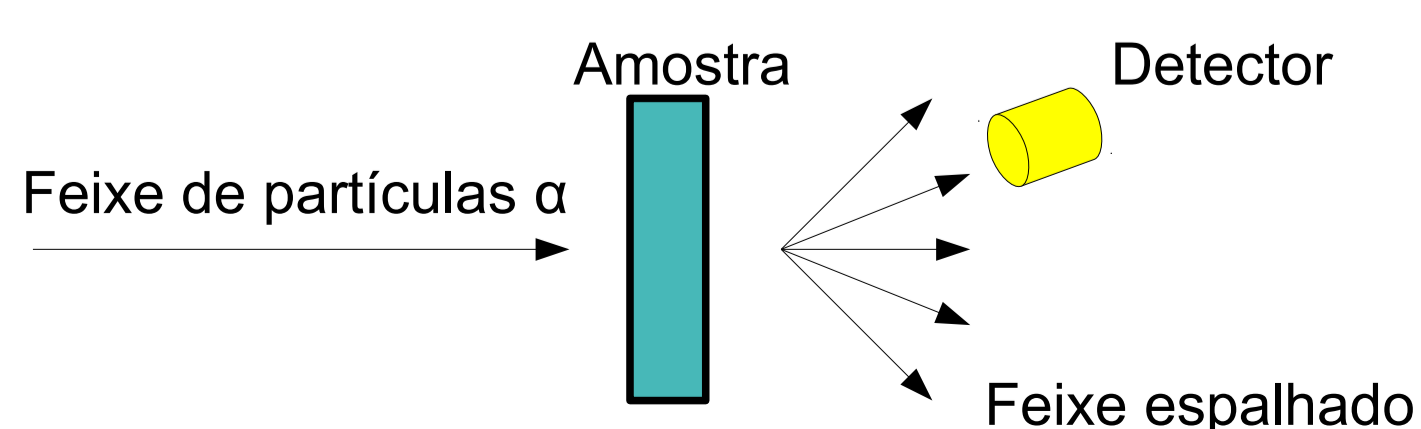
Após a implantação não há NPS formadas na sílica, apenas Pb disperso. Para acontecer a nucleação e, portanto, o crescimento de NPS é necessário realizar algum tratamento térmico, que podem ser: 100h a 200°C e/ou 1h a 1100°C.



### CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS

#### RBS

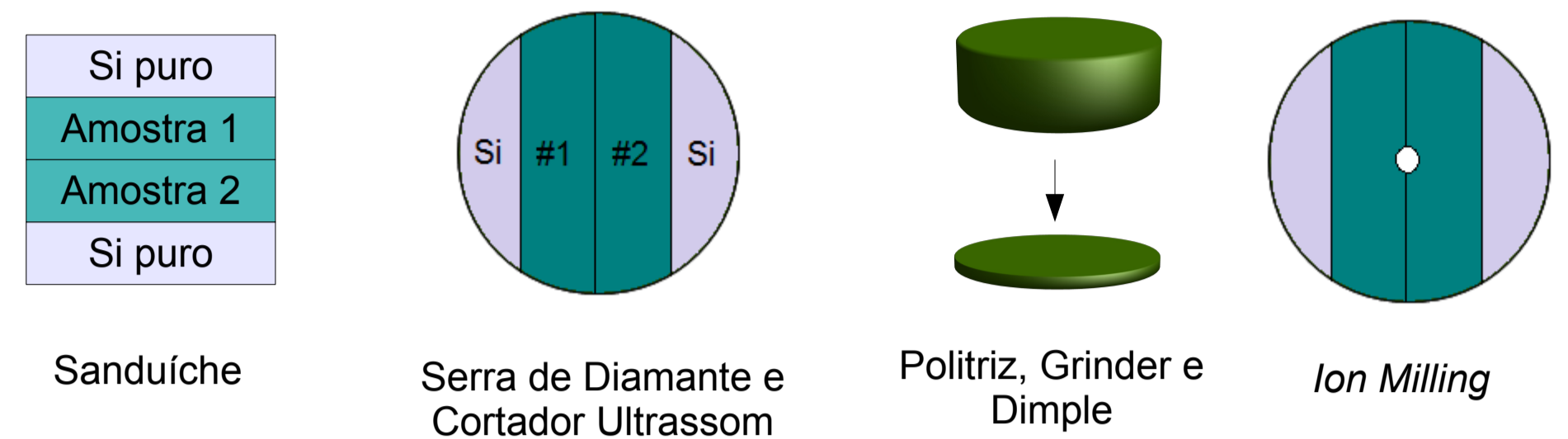
Consiste em um experimento simples de espalhamento. Um feixe de partículas  $\alpha$  incide sobre a amostra e é espalhado [3]. Em um determinado ângulo há um detector que faz a contagem de quantas partículas incidiram sobre cada canal. Cada canal está diretamente relacionado com a energia das partículas incidentes e, através desses dados, pode-se chegar em uma relação da concentração do material implantado em relação à sua profundidade na matriz. Se houverem filmes sobrepostos, pode-se calcular a espessura de um filme intermediário.



## METODOLOGIA

### MET

Para realizar uma MET é necessário uma preparação de amostra muito delicada:

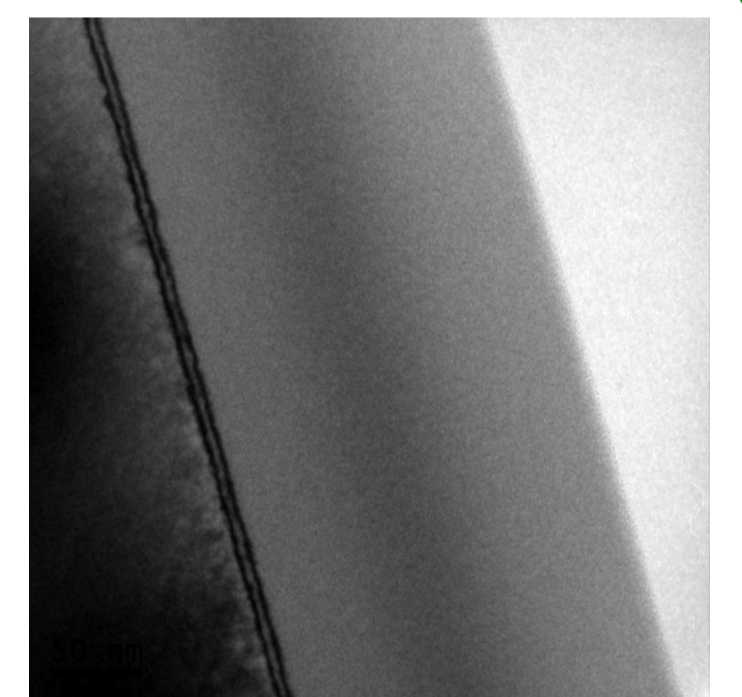
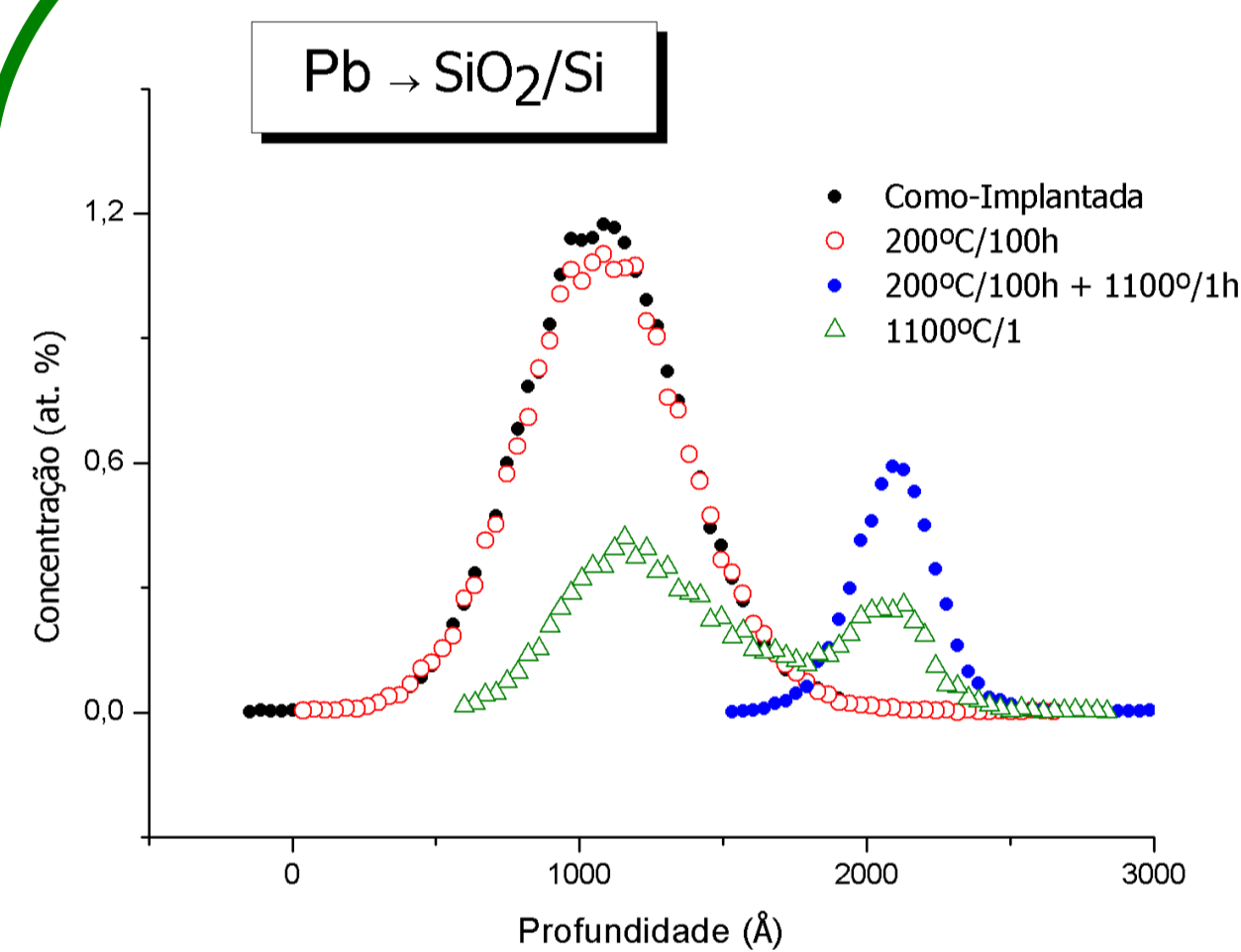


O microscópio eletrônico faz um feixe de elétrons que deve atravessar a amostra, por isso há a necessidade de deixar ela com aproximadamente 70 nm de espessura. Os elétrons sofrem difração e temos uma imagem da rede recíproca. Com essas imagens podemos medir o tamanho das NPS presentes na amostra e analisar a sua distribuição na matriz.

### Irradiação

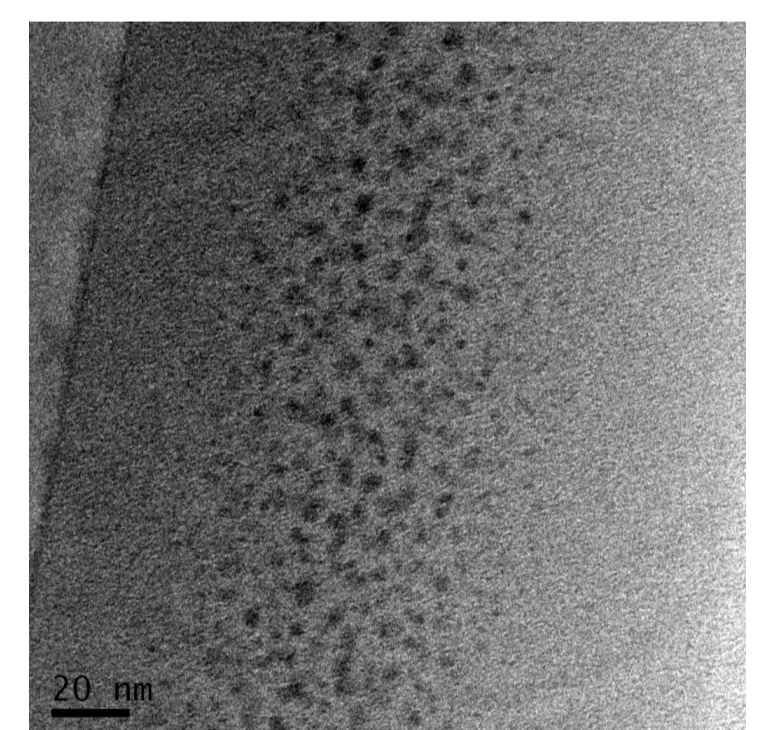
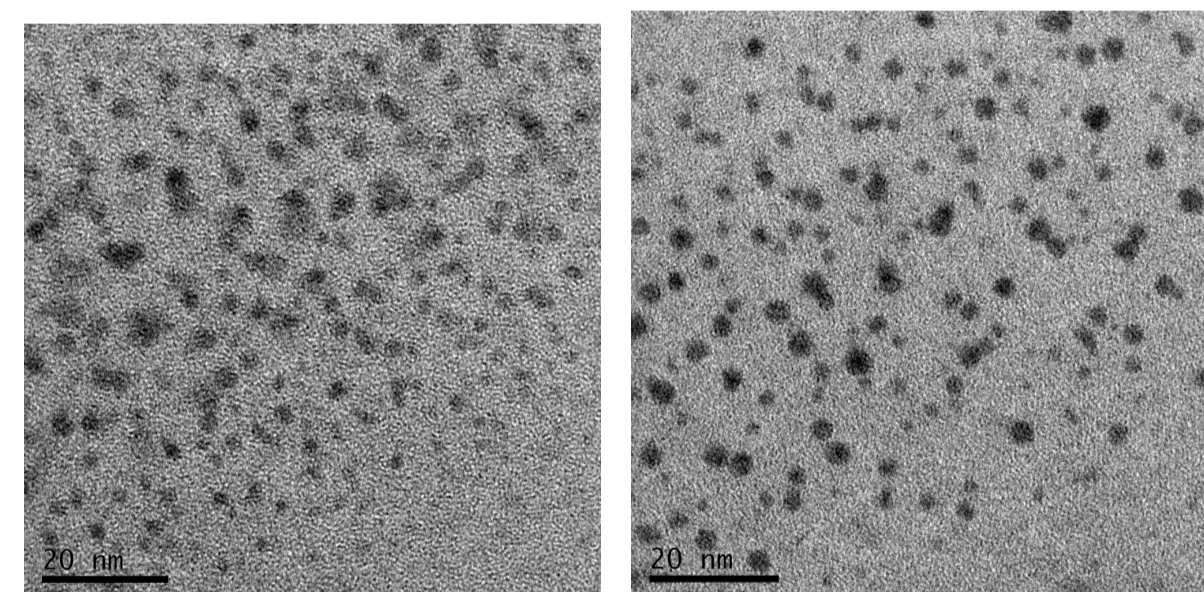
Uma proposta para controlar a dispersão de tamanhos é realizar uma irradiação de íons de alta energia durante o tratamento térmico da amostra [2]. Para isso utilizamos um feixe de Au a 4 MeV incidindo sobre a amostra a 500°C que já apresenta NPS. Este trabalho está em andamento.

## RESULTADOS



Pb como-implantado

RBS de uma matriz de sílica sobre Si com Pb implantado. Diversas condições de tratamento térmico.



Pb com 200°C/100h [1]

Acima, ambas amostras haviam passado por um tratamento térmico: à esquerda, uma amostra controle, que ficou à 500°C. À direita, uma amostra que, além dos 500°C, passou por uma irradiação de Au a 4 MeV.

## REFERÊNCIAS

- [1] LUCE, F. P. et al., *Journal of Applied Physics* **109**, 014320 (2011)
- [2] G. Rizza et al., *Phys. Rev. B* **76** (2007) 245414.
- [3] CHU, Wei Kan. – *Backscattering Spectrometry*

## AGRADECIMENTOS