

# Produção de Nanofios de Hematite por Processo Hidrotérmico para Aplicação em Células Fotoeletroquímicas

Afonso Gonçalves,  
João Azevedo,  
Nuno Nunes,  
Pedro Marques,  
Xabier González



18ª Escola de Verão de Física

Monitora: Sofia Gonçalves



# Tabela de Conteúdos

1. Objetivos
2. Motivação
3. Introdução
4. Trabalho Experimental
5. Técnicas de Caracterização
  - 5.1. Curva j-V
  - 5.2. Difração por Raio-X (DRX)
  - 5.3. Microscopia eletrónica de varrimento (SEM)
6. Conclusão



# Objetivos:

- Compreender o papel das células fotoeletroquímicas na produção de hidrogénio verde.
- Contactar com o ambiente laboratorial.
- Sintetizar nanofios de hematite pelo método Hidrotérmico
- Avaliar o efeito do “annealing” nos nanofios de hematite
- Caracterizar os fotoânodos preparados por curvas j-V, SEM e DRX

# Motivação

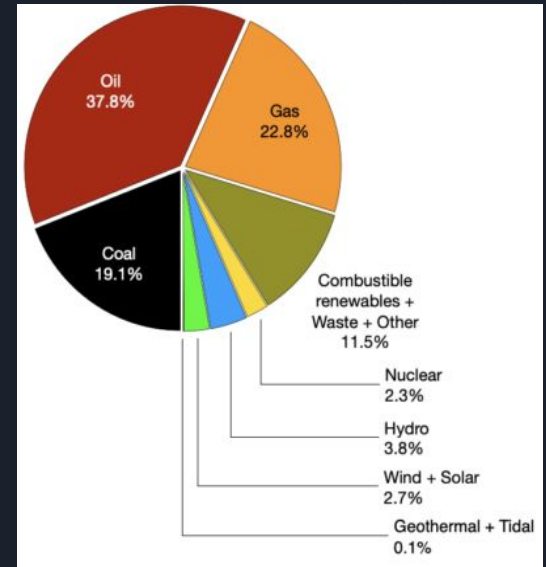


## Energia Solar:

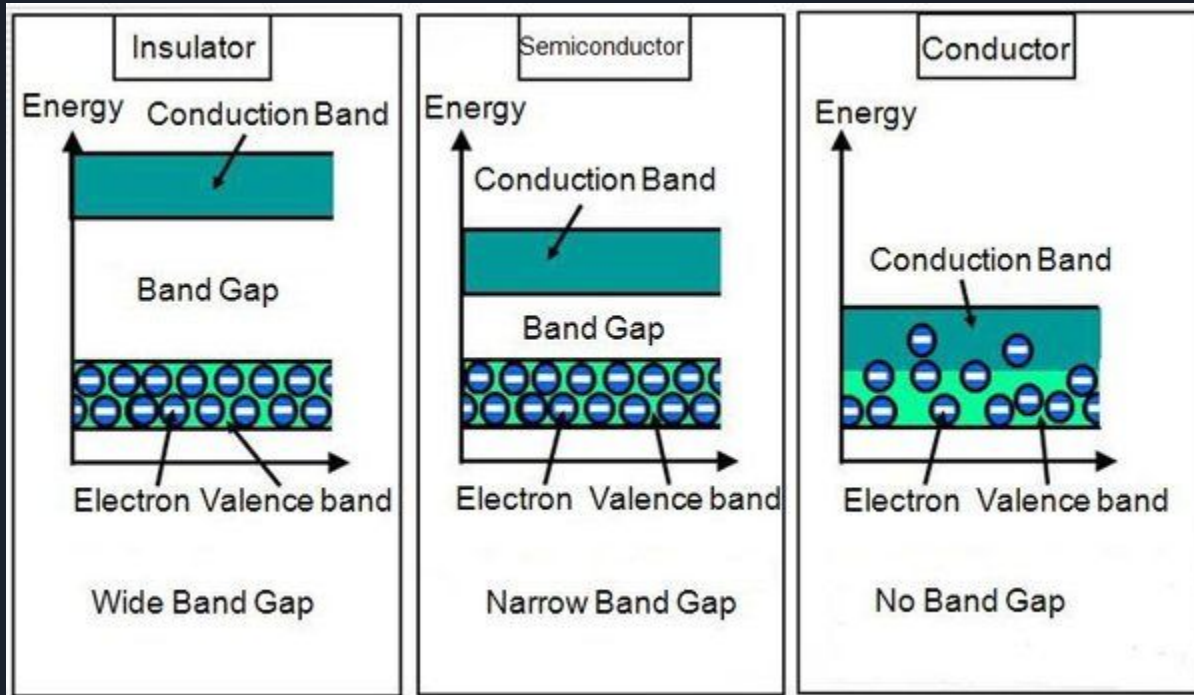
- É a fonte de energia mais abundante no planeta Terra;
- Apenas 0,1% da superfície da Terra coberta com células solares com eficiência de 10% seria o suficiente para satisfazer as necessidades energéticas atuais;
- O sol fornece aproximadamente 10 000x mais energia do que a população mundial consome anualmente.

## Hidrogénio

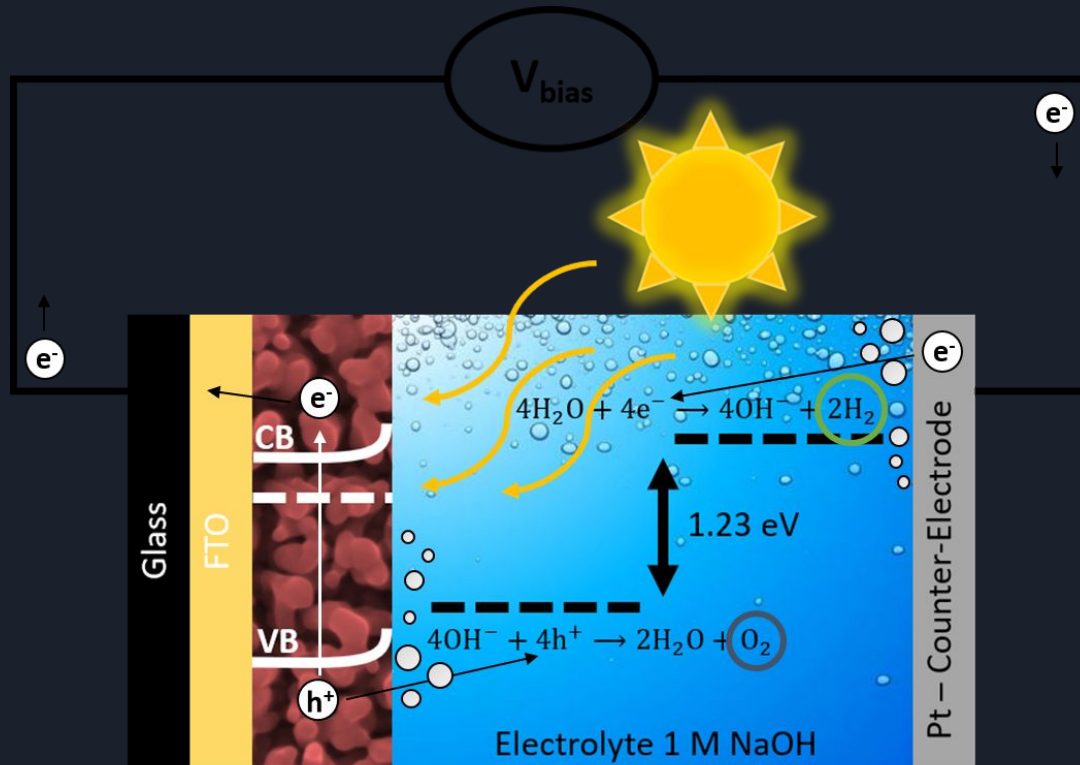
- É facilmente convertido em energia;
- É um combustível de fácil transporte;
- Pode ser armazenado de várias formas;
- Pode ser aplicado em várias indústrias com grande consumo de energia (automóvel, espacial, etc.)



# Tipos de Materiais



# PEC-Cells



# Hematite

## Vantagens:

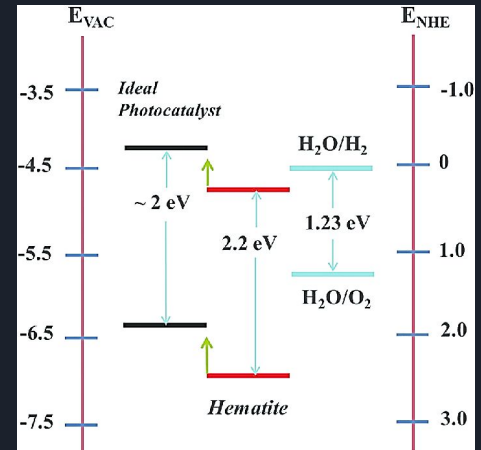
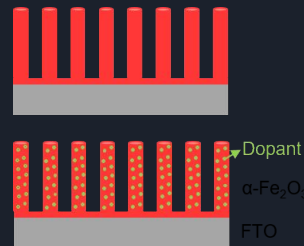
- Band gap pequena (2,2 eV)
- Absorve até 40% do espectro solar;
- Estabilidade à fotocorrosão;
- Abundante na natureza
- Não tóxico


## Desvantagens:

- Fraca condutividade;
- Baixa mobilidade de cargas.


Utilizamos duas estratégias de melhoramento:

1. Tratamento hidrotermal
2. Dopagem com estanho





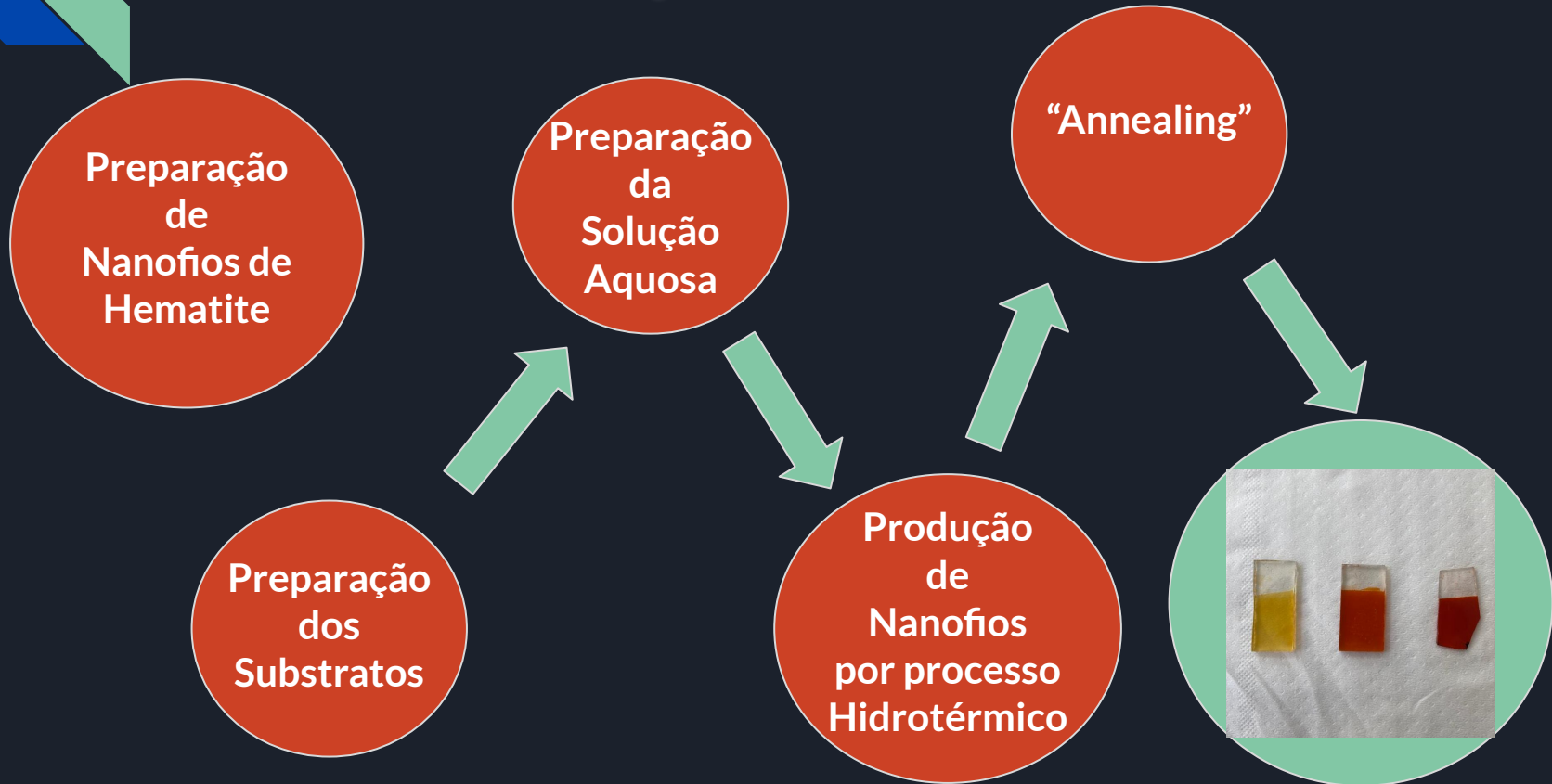
Para que servem?



Como se produz os Nanofios?



# Trabalho experimental:



# Produção de Nanofios por processo Hidrotérmico



Autoclave

Criando assim, um gradiente de temperatura, nas partes opostas do autoclave.



Estufa para Tratamento Hidrotérmico (95°C)

Obtém-se assim um filme de Oxihidróxido de ferro de cor amarela



Nome da Amostra:  
Pintinha (FeOOH)

# Annealing

Como parte crucial do processo, o “annealing” permite oxidar os filmes, reestruturando a rede, eliminando os defeitos e promovendo a cristalinidade. Convertendo-os, portanto, na fase hematite, que é estável.



Nome da Amostra:  
Bacon ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
550 °C + 830 °C)



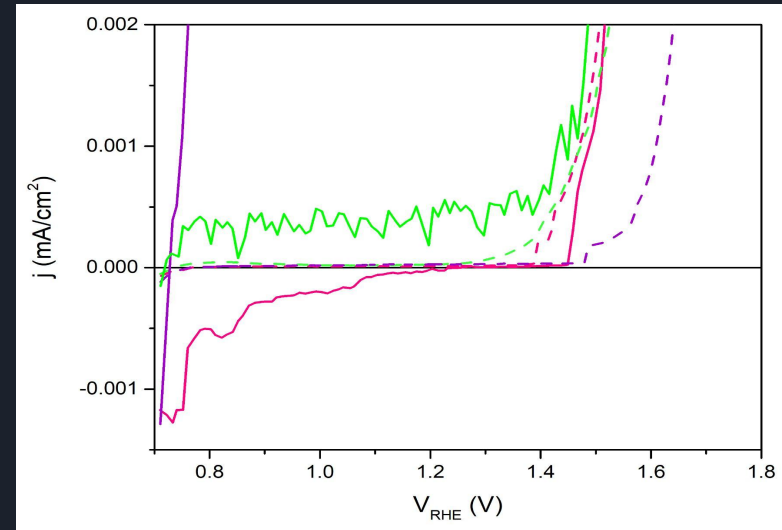
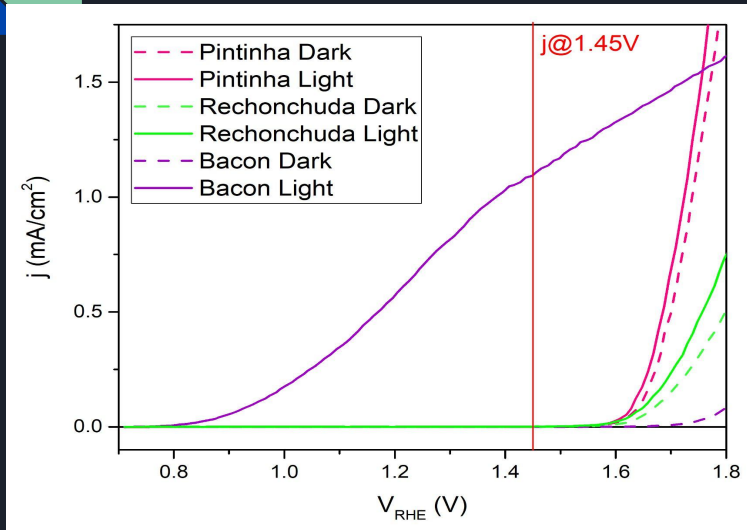
Annealing de  
550°C  
por 2 horas

Nome da Amostra:  
Rechonchuda  
( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 550 °C)



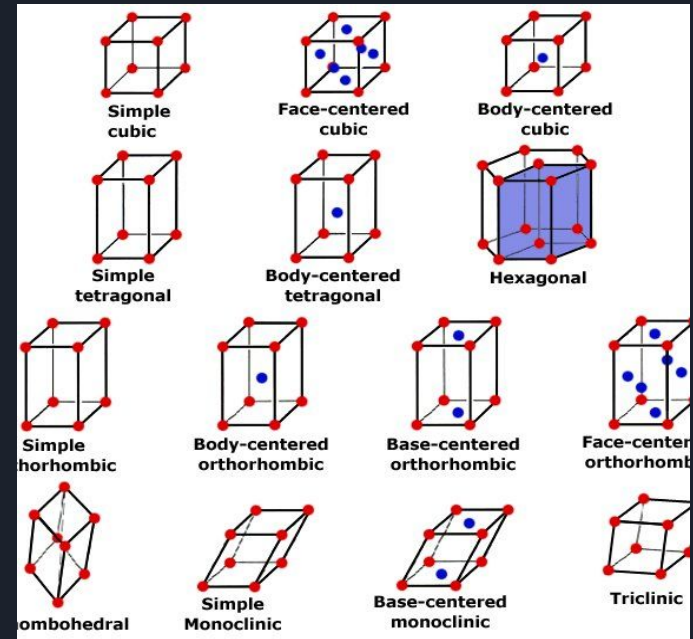
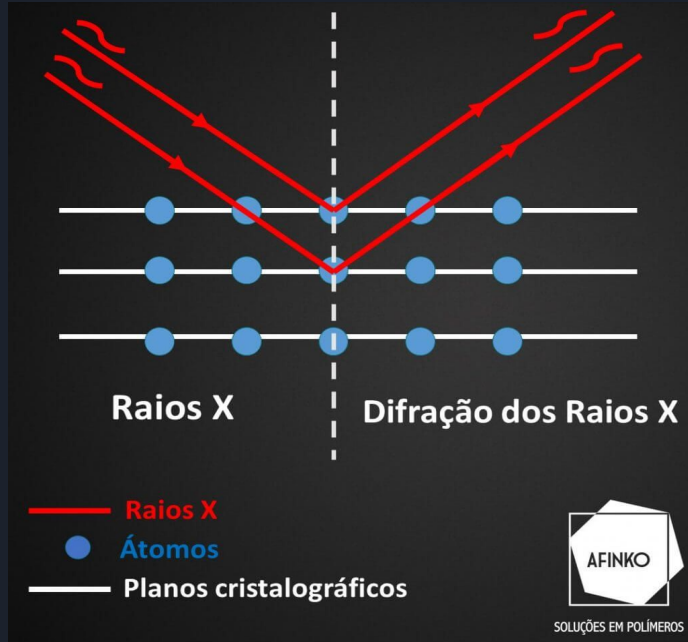
Annealing a 830°C por 20  
min, promovendo a difusão  
do elemento estanho.

# Curvas j-V

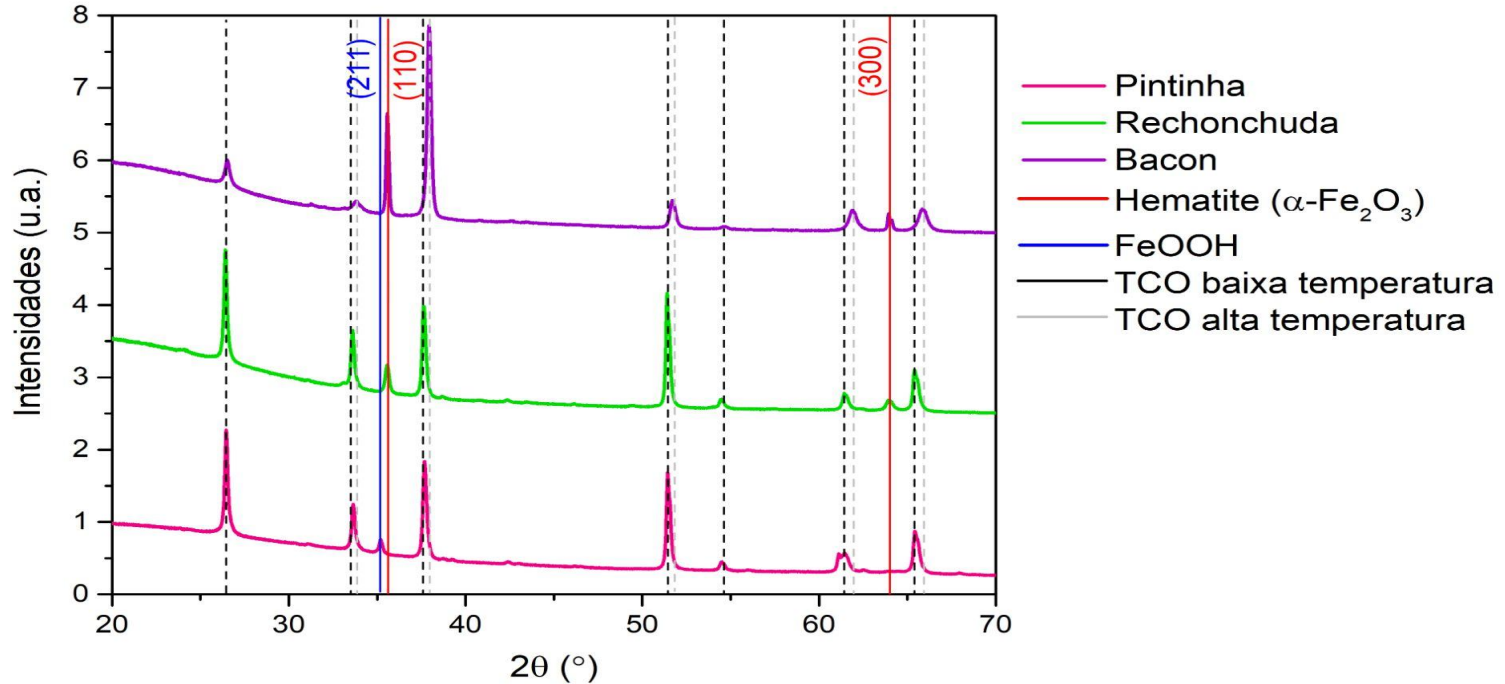


|   | $j@1.45V$ (mA/cm <sup>2</sup> ) | $V_{onset}$ (V) |
|---|---------------------------------|-----------------|
| Pintinha (FeOOH)  | $5.6 \times 10^{-5}$            | 1.26            |
| Rechonchuda ( $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 550 °C)    | $9.7 \times 10^{-4}$            | 0.72            |
| Bacon ( $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 550 °C + 830 °C) | 1.1                             | 0.73            |

# Difração de Raio-X



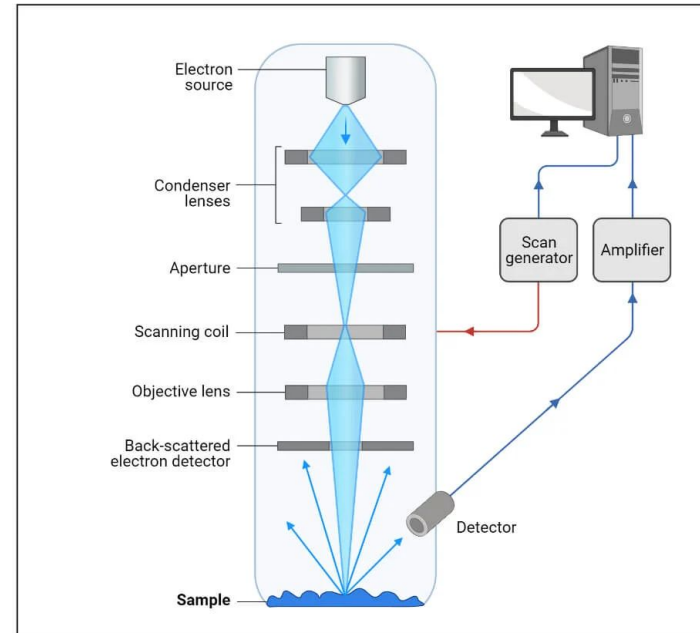
# Difração de Raio-X



# Microscopia eletrónica de varrimento (SEM)

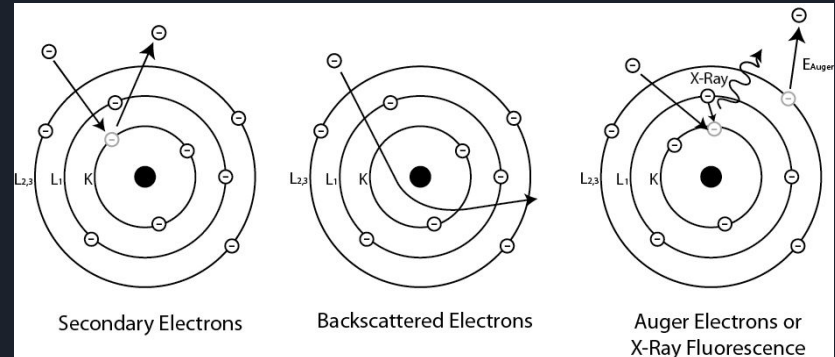
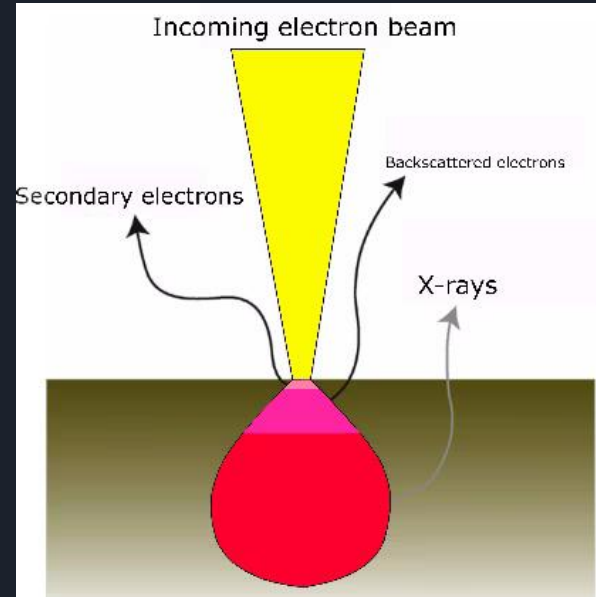
- A microscopia eletrónica de varrimento obtém imagens semelhantes às que são obtidas por microscopia ótica de reflexão, mas numa gama de ampliação superior (10x até 500.00x);
- A profundidade de campo é de  $30\mu\text{m}$ ;
- Eletrões em vez de fotões.

## Scanning Electron Microscopy (SEM)



# Microscopia eletrônica de varrimento (SEM)

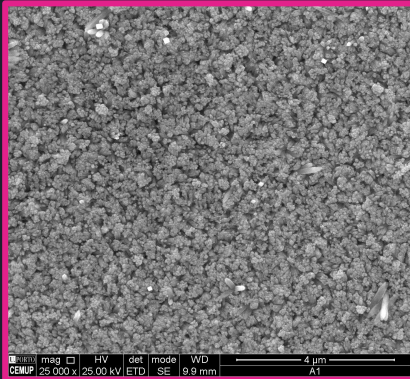
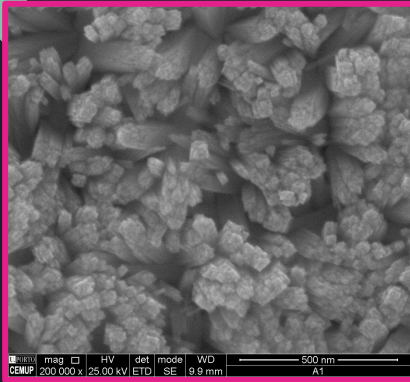
- Os elétrons secundários são elétrons da amostra que sofrem excitação e “escapam” da superfície. Têm um elevado contraste topográfico;
- Os elétrons retrodifundidos (ER) permitem a distinção, na amostra em análise, de regiões de átomos com menor ou maior número atômico;
- A emissão de raios-X, proporcionando informações sobre os elementos constituintes da amostra.



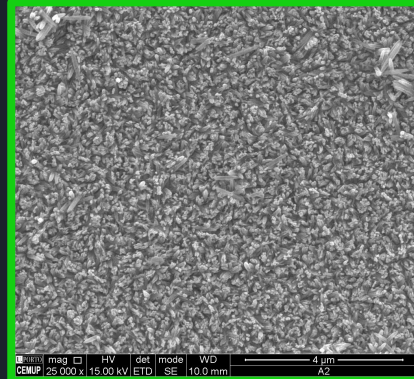
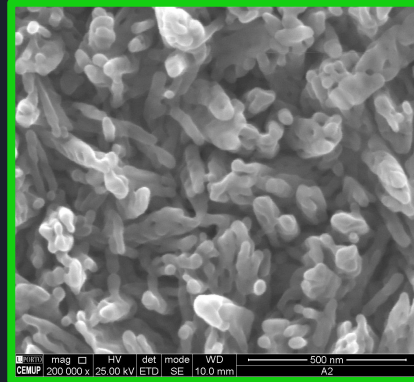


# Microscopia eletrónica de varrimento (SEM)

Pintinha (FeOOH)

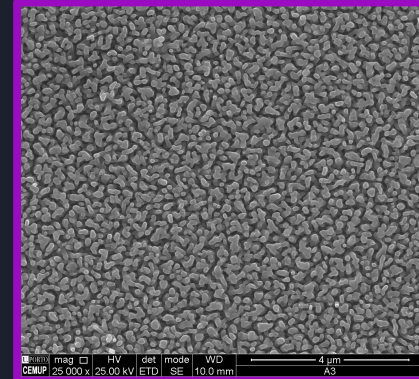
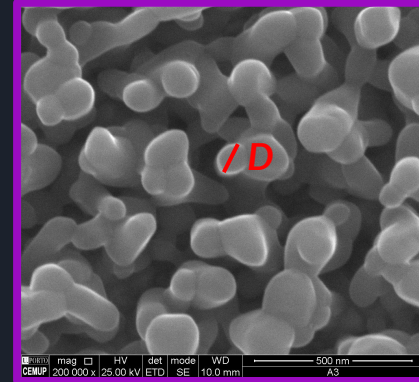


Rechonchuda  
( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 550 °C)



$D = 38.7 \pm 10.8 \text{ nm}$

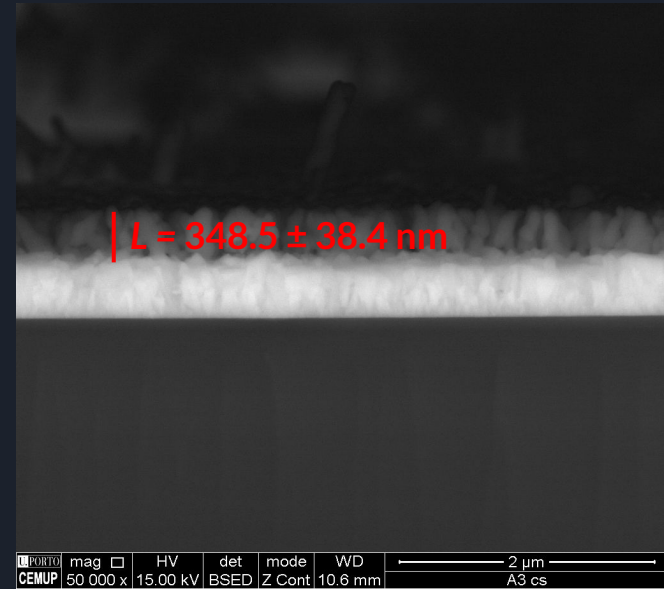
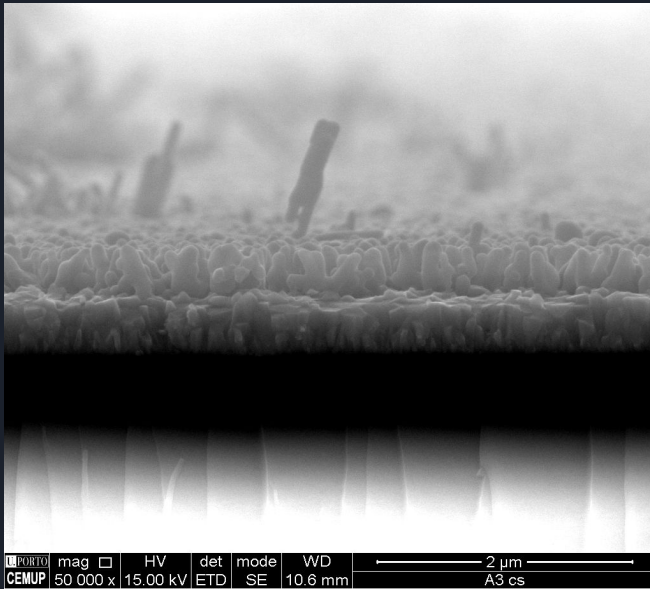
Bacon  
( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 550 °C + 830 °C)



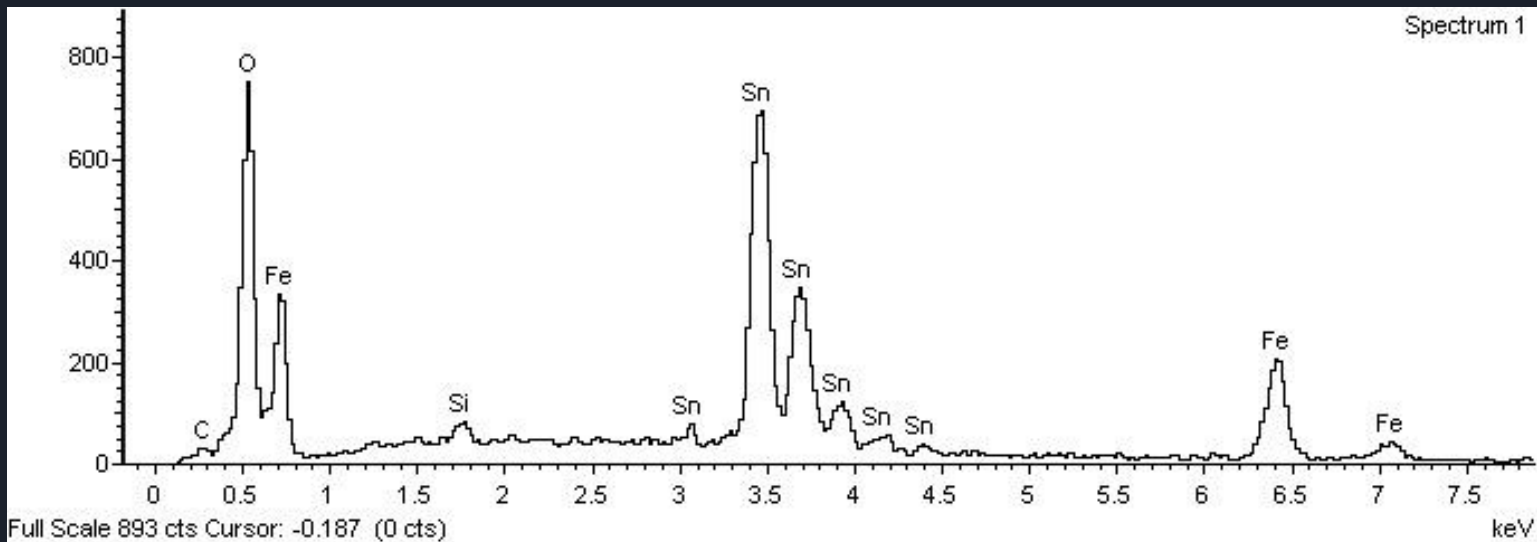
$D = 112.2 \pm 29.9 \text{ nm}$

# Microscopia eletrónica de varrimento (SEM)

Bacon ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 550 °C + 830 °C)



# Espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDS)





# Conclusão

- Aprendemos sobre o tópico das células fotoelectroquímicas
- A nanoestruturação e a dopagem aumentam a eficiência destas células



**Muito Obrigada Pela Vossa Atenção**

# Produção de Nanofios de Hematite por Processo Hidrotérmico para Aplicação em Células Fotoeletroquímicas

Afonso Gonçalves,  
João Azevedo,  
Nuno Nunes,  
Pedro Marques,  
Xabier González



18ª Escola de Verão de Física

Monitora: Sofia Gonçalves