

# Polímeros Condutores na recuperação de metais nobres

CÂNDIDO, David<sup>1</sup>; TODO BOM, Leonor<sup>1</sup>; MOURÃO, Pedro<sup>1</sup>; POTES, Rodrigo<sup>1</sup>; CARREIRA, Susana<sup>1</sup>; NEVES, Ana<sup>1</sup>; RIBEIRO, Mónica<sup>1</sup>; CORREIA, Jorge<sup>2</sup>

<sup>1</sup>12ºB (2021/2022), Escola Básica e Secundária Alfredo da Silva, Praça de Bento Jesus Caraça, 2830-322 Barreiro, Portugal

<sup>2</sup>DQB, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

## INTRODUÇÃO

Um **polímero** é um tipo de material resultante da repetição de muitas unidades estruturais menores - os monómeros - que estão ligadas umas às outras por ligações covalentes [1]. Os polímeros condutores, em geral, necessitam, para adquirir condutividade, sofrer um processo chamado dopagem, na sequência do qual são incorporados iões na sua estrutura, a fim de a alterar [2, 3]. Uma das exceções a esta regra é a **Polianilina (PAni)**, em que o seu dopante principal é o **protão**, presente na solução onde é sintetizada [3, 4]. Por esta razão e pela sua alta estabilidade, processabilidade, propriedades óticas e condutoras moduláveis e grande facilidade de síntese [3, 5], decidimos utilizá-la no estudo do uso de polímeros condutores na **recuperação de metais nobres** em solução aquosa por **precipitação electroless**.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a deposição da prata na Polianilina sem recurso a corrente elétrica foram preparadas duas soluções: uma à base de Anilina e outra à base de Nitrato de Prata. A partir da solução que continha Anilina, o processo de síntese da Polianilina foi efetuado em dois elétrodos de trabalho distintos: **Aço Inoxidável (Fig.1)** e **Platina (Fig.2)**.

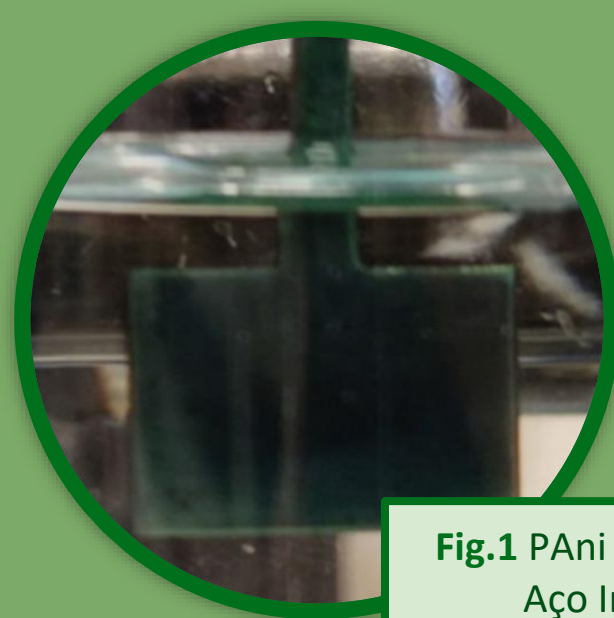


Fig.1 PAni depositada no Aço Inoxidável



Fig.2 PAni depositada na Platina

Para fazer a síntese nos elétrodos utilizamos duas metodologias diferentes. A síntese da PAni no eletrodo de trabalho de **Aço-Inox** foi feita por **via potencioestática**, enquanto que no de **Platina** foi realizada por **via potenciodinâmica, utilizando a voltametria cíclica**. Na primeira, o potencial aplicado ao eletrodo é constante, enquanto que na segunda dá-se a variação deste mesmo potencial aplicado sobre o eletrodo. De modo a produzir Polianilina é usada uma célula eletroquímica (Fig.3), montada dentro de uma caixa de Faraday.

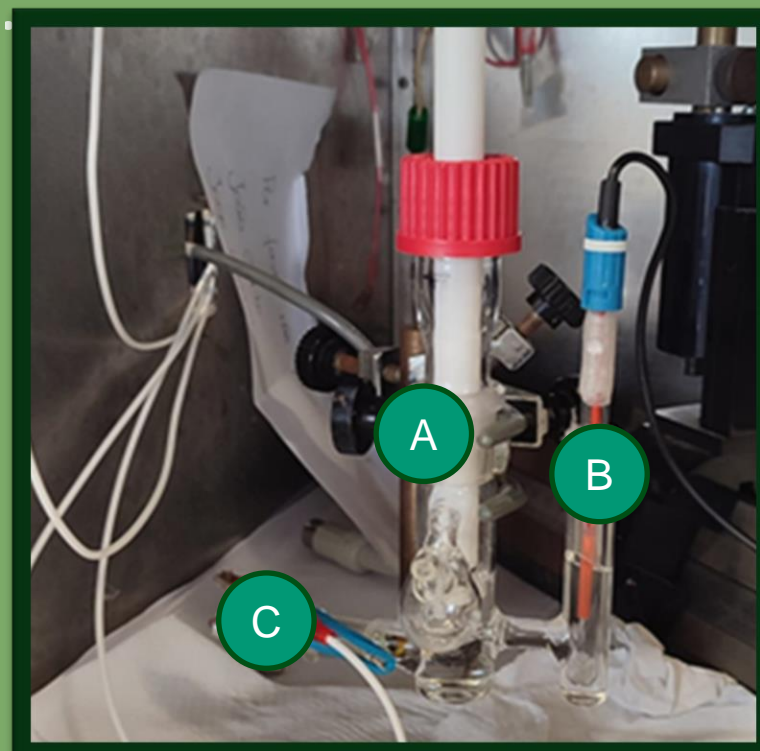
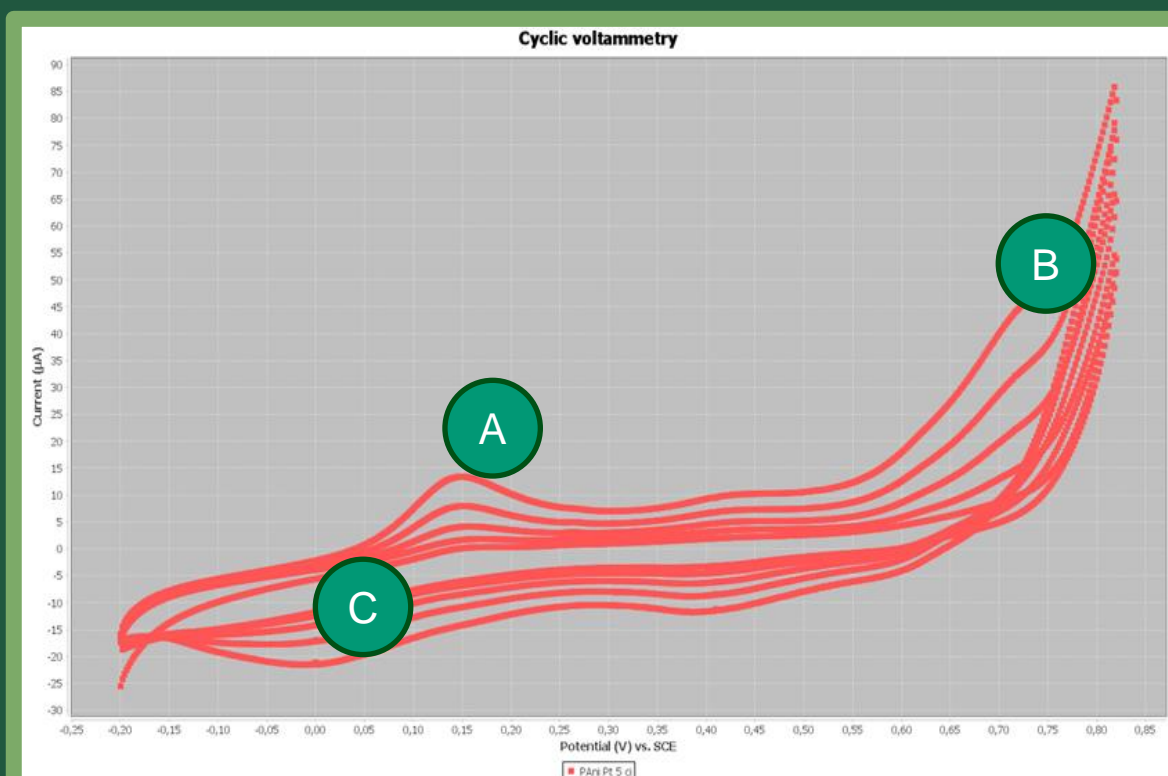


Fig. 3 - Célula eletroquímica; A. Eletrodo de trabalho (Platina, Aço-Inox); B. Eletrodo de Referência (Calomelano); C. Eletrodo secundário (Platina).



Na síntese da PAni por via potenciodinâmica obtem-se um voltamograma da corrente em função do potencial do eletrodo de calomelano, resultante da voltametria cíclica. Neste gráfico podem identificar-se zonas correspondentes à oxidação (Figs 7A e B) e à redução (Fig 7C).

Fig.7 - Voltamograma Cíclico da síntese de PAni no eletrodo de Platina (via potenciodinâmica).  
A. Oxidação do polímero depositado;  
B. Oxidação do monómero presente em solução;  
C. Redução do polímero depositado.

Os elétrodos de Platina e Aço-Inox foram mergulhados na solução de Nitrato de Prata (Fig. 4 e 5), onde ocorreu a precipitação *electroless* na PAni destes elétrodos. Neste fenómeno dá-se a oxidação da PAni. Nesta oxidação, um eletrão cedido pela PAni irá ser recebido pelo ião de prata presente na solução, reduzindo-a à sua forma metálica. Esta prata reduzida deposita-se sobre a PAni.

Observámos então a PAni depositada nos elétrodos de Platina e de Aço-Inox ao microscópio de feixe invertido.

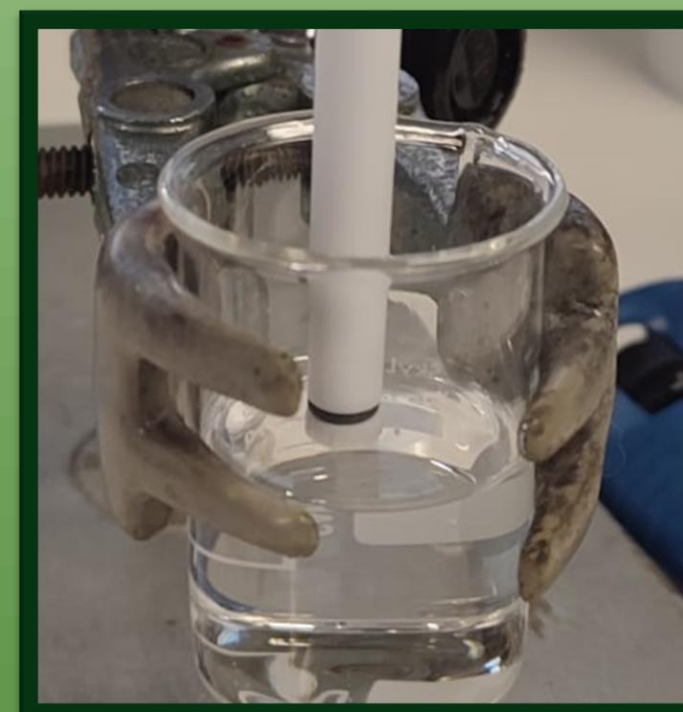


Fig.4 - Eletrodo de Platina, com PAni sobre a sua superfície, mergulhado na solução de Nitrato de Prata ( $AgNO_3$ )

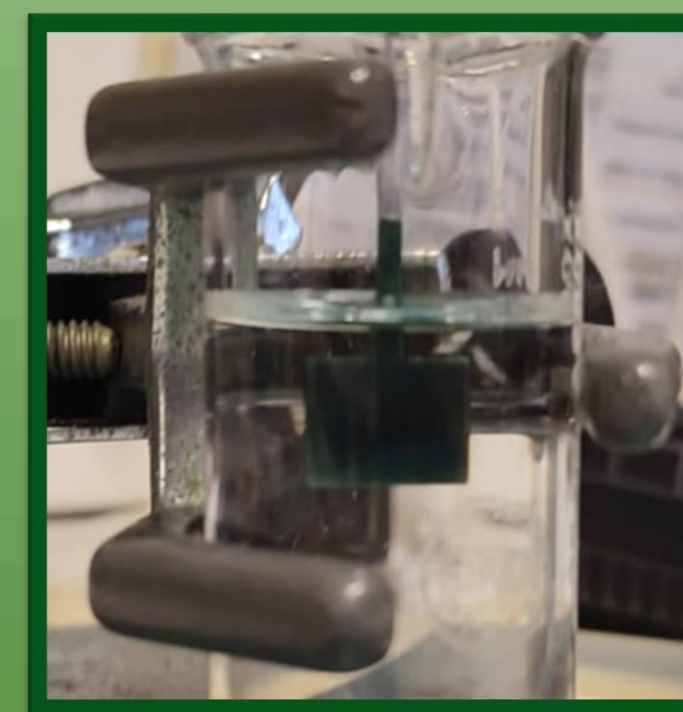


Fig.5 - Eletrodo de Aço-Inox, com PAni sobre a sua superfície, mergulhado na solução de Nitrato de Prata ( $AgNO_3$ )

## RESULTADOS

Observámos os elétrodos de Platina e Aço-Inox no microscópio metalográfico de feixe invertido. É possível observar os cristais de prata depositados na PAni.

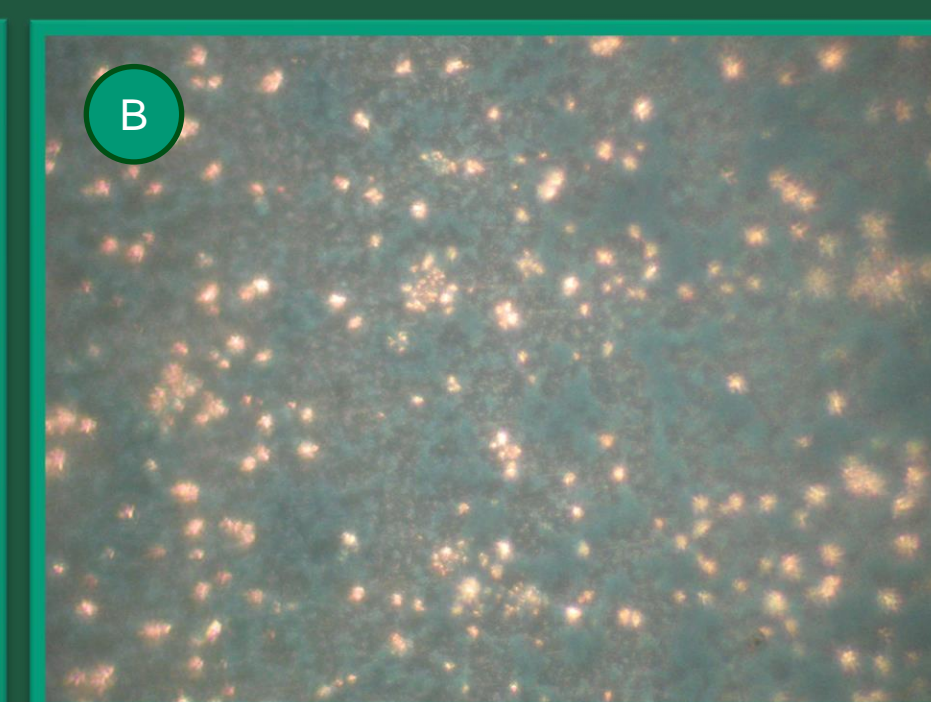
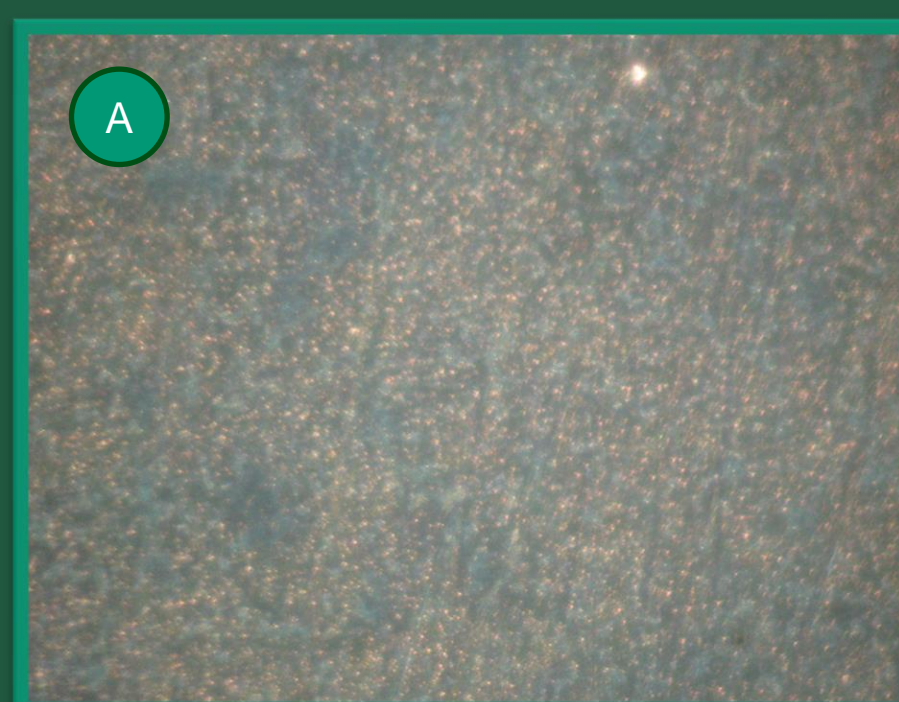


Fig.6 - Imagens dos cristais de prata depositados na PAni obtidas com o microscópio metalográfico de feixe invertido:  
A. Eletrodo de Platina (ampliação 200X).  
B. Eletrodo de Aço-Inox (ampliação 500X);

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Após observarmos as amostras ao microscópio metalográfico de feixe invertido, deduzimos que as propriedades finais do polímero são fortemente condicionadas pela metodologia utilizada na sua síntese e pelo eletrodo usado.

O eletrodo de aço-inox oxida-se em alguma extensão durante a síntese, formando filmes mais desnivelados e porosos. A platina, como metal nobre, não irá sofrer oxidação e filmes de PAni formados à sua superfície serão mais uniformes.

Durante a síntese do polímero pelo método potenciodinâmico, existe a redução e oxidação do polímero existente no eletrodo. Esta redução promove a uniformidade, e, por isso, contribui também para a uniformidade da superfície da PAni sintetizada na platina [3].

Assim sendo, a prata irá depositar-se de maneira diferente em cada polímero. Apesar de ambos os elétrodos terem sido mergulhados durante o mesmo período de tempo, a superfície uniforme da PAni de platina irá promover a formação de cristais de prata de tamanho mais reduzido (Fig. 6A), mas em maior quantidade e com uma homogeneidade maior. A PAni sintetizada no aço-inox irá formar cristais de tamanhos mais irregulares, devido à sua superfície mais heterogénea e porosa (Fig. 6B). Efetivamente, conseguimos realizar a precipitação *electroless* em duas PAni sintetizadas de forma diferente, conseguindo assim obter prata metálica depositada sobre elas. A precipitação *electroless* pelo uso de polímeros condutores pode ser usada especialmente no tratamento de efluentes na indústria mineira, devido à sua seletividade no que toca à redução de metais nobres.

### Bibliografia:

- [1] Ferreira, A., Morais, C., Paiva, J., Vale, J e Gil, V. (2021). *Nova 12Q Química 12º ano p. - 172*. Lisboa: Texto Editores, Lda.
- [2] Pereira, M. (2016). *Redução metálica em soluções diluídas por Precipitação Electroless* (Projeto de Licenciatura em Química). Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Lisboa.
- [3] Medeiros, E. S., Oliveira, J. E., Paterno, L. G., Mattoso, L. H. C. e Consolin-Filho, N. (2012). Uso de Polímeros Condutores em Sensores. Parte 1: Introdução aos Polímeros Condutores. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, Volume 7(2), 62-77.
- [4] Mourato, A., Viana, A.S., Siegenthaler, H., Correia, J.P. e Abrantes, L.M. (2004). Polyaniline films containing electrolessly precipitated palladium. *Electrochimica Acta*, Volume 49 (14), 2249-2257.
- [5] K, N. e Rout, C.S.(2021). Conducting polymers: a comprehensive review on recent advances in synthesis, properties and applications. *RSC Advances* 2021, Volume 10, 5659-5663.

