



AL 1.2 - 12º ano: **UM CICLO DE COBRE**

**Protocolo experimental**

## 1. REAGENTES

### Reagentes estequiométricos

- Cobre (em folha)
- Ácido nítrico – solução aquosa de concentração  $6 \text{ mol/dm}^3$
- Hidróxido de sódio – solução aquosa de concentração  $6 \text{ mol/dm}^3$
- Ácido sulfúrico – solução aquosa de concentração  $3 \text{ mol/dm}^3$
- Zinco em pó

### Substâncias auxiliares

- Ácido clorídrico – solução aquosa de concentração  $3 \text{ mol/dm}^3$
- Água desionizada

### Resíduos

- Dióxido de azoto gasoso
- Nitrato de sódio em solução aquosa
- Sulfato de zinco em solução aquosa
- Ácido clorídrico em solução aquosa
- Água

### Produto

- Cobre

## 2. SEGURANÇA

### Regulamentação GHS

Substâncias	Pictogramas de perigo	Palavra-sinal	Advertências de perigo	Recomendações de prudência
<b>Reagentes</b>				
Cobre (em folha)	Sem indicação	Sem indicação	Sem indicação	Sem indicação
Ácido nítrico (6 mol/dm <sup>3</sup> )		Perigo	H314 – Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves.	P280 – Usar luvas de proteção / vestuário de proteção / proteção ocular / proteção facial. P305 + P351 + P338 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar. P310 – Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico.
Hidróxido de sódio (6 mol/dm <sup>3</sup> )		Perigo	H314 – Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves.	P280 – Usar luvas de proteção / vestuário de proteção / proteção ocular / proteção facial. P301 + P330 + P331 - EM CASO DE INGESTÃO: enxaguar a boca. NÃO provocar o vômito. P305 + P351 + P338 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar. P309 + P310 – EM CASO DE exposição ou de indisposição: Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico.
Ácido sulfúrico (3 mol/dm <sup>3</sup> )		Perigo	H314 – Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves.	P280 – Usar luvas de proteção / vestuário de proteção / proteção ocular / proteção facial. P301 + P330 + P331 - EM CASO DE INGESTÃO: enxaguar a boca. NÃO provocar o vômito. P305 + P351 + P338 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar. P309 + P310 – EM CASO DE exposição ou de indisposição: Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico.
Zinco em pó		Perigo	H251 – Susceptível de auto-aquecimento; risco de inflamação. H261 – Em contacto com a água liberta gases inflamáveis.	P231 + P232 – Manusear em atmosfera de gás inerte. Manter ao abrigo da humidade. P235 + P410 – Conservar em ambiente fresco. Manter ao abrigo da luz solar. P422 – Armazenar o conteúdo sob gás inerte.
<b>Substâncias auxiliares</b>				
Ácido clorídrico (3 mol/dm <sup>3</sup> )		Atenção	H315 – Provoca irritação cutânea. H319 – Provoca irritação ocular grave. H335 - Pode provocar irritação das vias respiratórias.	P302 + P352 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE: lavar com sabonete e água abundantes. P304 + P340 – EM CASO DE INALAÇÃO: retirar a vítima para uma zona ao ar livre e mantê-la em repouso numa posição que não dificulte a respiração. P305 + P351 + P338 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar.
Água desionizada	Sem indicação	Sem indicação	Sem indicação	Sem indicação
<b>Produto intermediário</b>				
Óxido de cobre(II)		Atenção	H302 – Nocivo por ingestão. H410 – Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.	P273 – Evitar libertação para o ambiente. P501 - Eliminar o conteúdo/recipiente em instalação aprovada de destruição de resíduos.
<b>Produto</b>				
Cobre em pó		Sem indicação	H400 – Muito tóxico para os organismos aquáticos.	P273 – Evitar libertação para o ambiente.

Substâncias	Pictogramas de perigo	Palavra-sinal	Advertências de perigo	Recomendações de prudência
<b>Resíduos</b>				
Dióxido de azoto		Perigo	H270 – Pode provocar ou agravar incêndios; comburente. H314 – Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves. H330 – Mortal por inalação.	P220 – Manter/Guardar afastado de roupa/matérias combustíveis. P260 – Não respirar as poeiras / fumos / gases / névoas / vapores / aerossóis. P280 – Usar luvas de proteção / vestuário de proteção / proteção ocular / proteção facial. P284 – Usar proteção respiratória. P305 + P351 + P338 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar. P310 – Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico.
Nitrato de sódio* em solução aquosa		Atenção	H272 – Pode provocar incêndios; comburente. H302 – Nocivo por ingestão. H315 – Provoca irritação cutânea. H319 – Provoca irritação ocular grave. H335 – Pode provocar irritação das vias respiratórias.	P220 – Manter/Guardar afastado de roupa/matérias combustíveis. P261 – Evitar respirar as poeiras / fumos / gases / névoas / vapores / aerossóis. P305 + P351 + P338 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar.
Sulfato de zinco em solução aquosa		Atenção	H319 – Provoca irritação ocular grave. H412 – Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.	P273 – Evitar a libertação para o ambiente. P305 + P351 + P338 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar.
Ácido clorídrico diluído	Sem indicação	Sem indicação	Sem indicação	Sem indicação
Água	Sem indicação	Sem indicação	Sem indicação	Sem indicação
Cloreto de zinco em solução aquosa		Atenção	H315 – Provoca irritação cutânea. H319 – Provoca irritação ocular grave. H411 – Tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.	P273 – Evitar a libertação para o ambiente. P305 + P351 + P338 – SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar.
Hidrogénio		Perigo	H220 – Gás extremamente inflamável.	P210 – Manter afastado do calor/faísca/chama aberta/superfícies quentes. Não fumar.

\*Os perigos indicados referem-se aos perigos da substância sólida e não em solução

### **3. MATERIAL E EQUIPAMENTO**

#### **Material**

2 Balão de erlenmeyer de 25 mL

3 Gobelés de 25 mL

4 Gobelés de 10 mL

1 Tina de 100 mL

1 Barra magnética

1 Saca barras

1 Funil de vidro

1 Papel de filtro

Micropipeta de 5 mL

2 Caixa de Petri

1 Microespátula

1 Vareta de vidro

1 tubo de ensaio

2 Pipetas Pasteur

3 Provetas de 5 mL

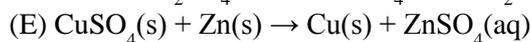
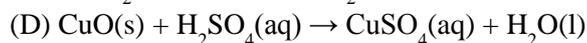
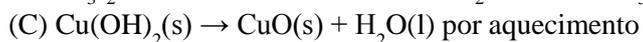
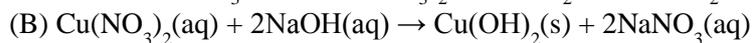
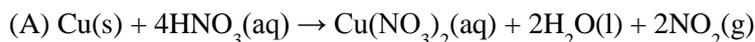
#### **Equipamento**

Placa de aquecimento

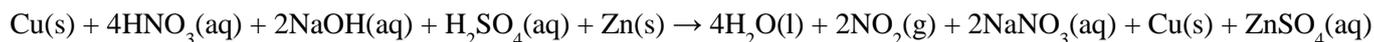
Equipamento para leitura da energia

#### 4. EQUAÇÕES QUÍMICAS DAS REAÇÕES QUE OCORREM DURANTE A ATIVIDADE LABORATORIAL

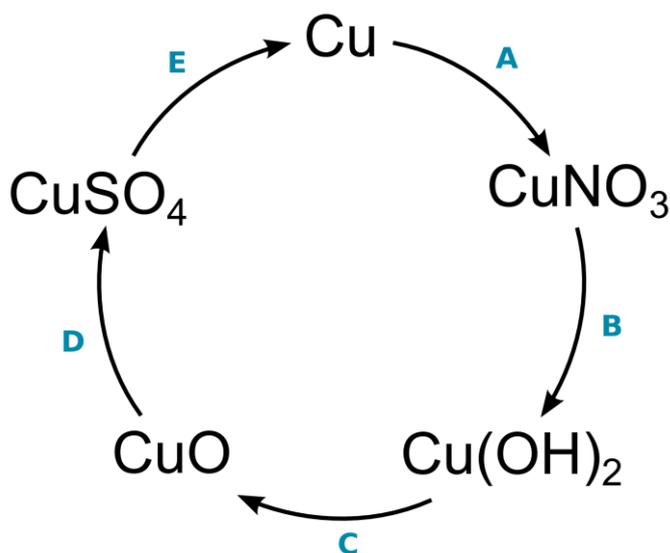
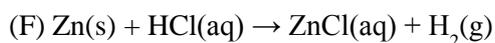
##### I – Partir de cobre o voltar a obter cobre



##### Equação global:



##### II – Isolar o cobre



Esquema 1 – Representação esquemática da recuperação do cobre através das reações A – E.

## 5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### Ponto de Partida

1. Preparar uma amostra de 100 mg de cobre a partir de uma folha de cobre, previamente lixada (Fig. 1).
2. Colocar a amostra de cobre num erlenmeyer de 25 mL (Fig. 2).

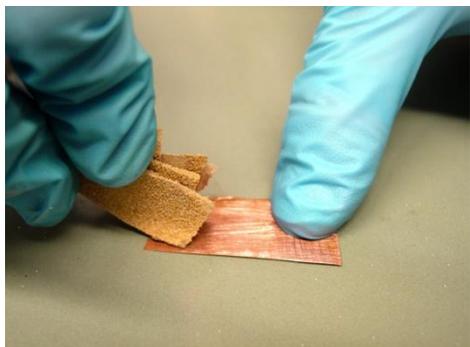


Figura 1 – Lixar a placa de cobre.



Figura 2 – Amostra de cobre.

### Reação A



3. Na **Hotte**, adicionar 1,1 mL de  $\text{HNO}_3$  ( $6 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), cobrir o erlenmeyer com um gobelé de 25 mL invertido e aquecer lentamente numa placa de aquecimento até à dissolução completa do cobre (tempo de aquecimento: aproximadamente 3 minutos). Ocorre a libertação do gás  $\text{NO}_2$  de cor castanha (Fig. 3) e forma-se uma solução de nitrato de cobre (II) de cor azul (Fig. 4).

**O DIÓXIDO DE AZOTO, UM DOS PRODUTOS DA REAÇÃO, ESTÁ NO ESTADO GASOSO À TEMPERATURA AMBIENTE E É EXTREMAMENTE TÓXICO E MORTAL POR INGESTÃO. NÃO INALAR OS VAPORES; UTILIZAR A HOTTE.**



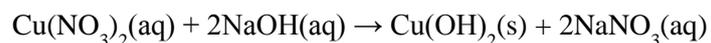
Figura 3 – Vapores de  $\text{NO}_2$  libertados durante a reação.



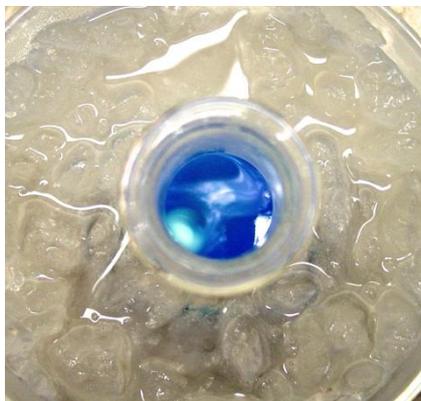
Figura 4 – Solução resultante de nitrato de cobre(II).

4. Deixar a solução arrefecer à temperatura ambiente. Em seguida adicionar 2 mL de água destilada.

## Reação B

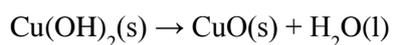


5. Introduzir uma barra magnética no erlenmeyer e colocá-lo num banho de água e gelo numa placa agitadora. Adicionar cuidadosamente 1 mL de NaOH (6 mol.dm<sup>-3</sup>), agitando continuamente. Continuar a agitar durante cerca de 5 minutos. Forma-se um precipitado azul de hidróxido de cobre(II) (Fig. 5).



**Figura 5 – Formação do precipitado azul de hidróxido de cobre(II).**

## Reação C



6. Cobrir o erlenmeyer que contém o precipitado azul de hidróxido de cobre(II) (Fig. 6) com um gobelé de 25 mL invertido. Aquecer a mistura (aquecimento forte: 200°C) contida no erlenmeyer agitando permanentemente (tempo de aquecimento: aproximadamente 15 minutos). Forma-se um precipitado preto de óxido de cobre(II) (Fig 7 e 8).



**Figura 6 – Precipitado de hidróxido de cobre(II) antes do aquecimento.**



**Figura 7 – Formação do óxido de cobre(II) durante o aquecimento.**

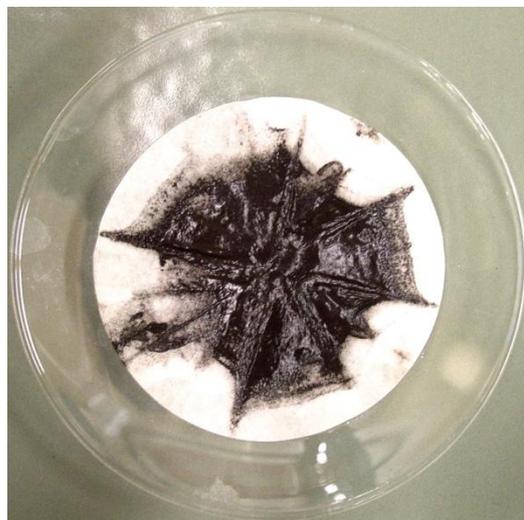


**Figura 8 – Óxido de cobre(II).**

8. Filtrar por gravidade o precipitado de óxido de cobre e lavar o erlenmeyer com água destilada (cerca de 5 mL de água destilada) (Fig. 9 e 10). Registrar a água utilizada para lavagem do precipitado de óxido de cobre(II).



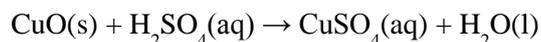
**Figura 9 – Filtração do óxido de cobre(II).**



**Figura 10 – Óxido de cobre(II) no papel de filtro.**

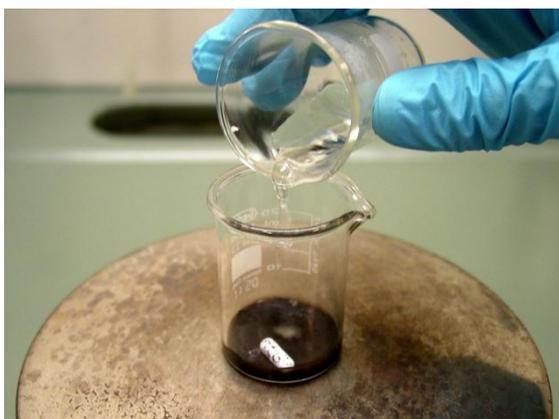
9. Transferir o óxido de cobre(II) para um gobelé de 25 mL.

#### **Reação D**



10. Aquecer 5 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $3 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) num gobelé de 25 mL sem deixar entrar em ebulição (tempo de aquecimento: cerca de 1,5 minutos).

11. Adicionar o ácido sulfúrico quente ao óxido de cobre e agitar com o auxílio do agitador magnético até o precipitado preto (Fig. 11) se dissolver completamente (tempo: aproximadamente 2 minutos). A solução resultante tem cor azul (Fig. 12).



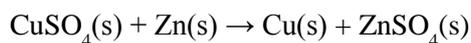
**Figura 11 – Adição ácido sulfúrico previamente aquecido**



**Figura 12 – Solução resultante de sulfato de cobre(II).**

12. Adicionar 1 mL de água.

## Reação E



13. Colocar o copo contendo a solução de sulfato de cobre (II) na **Hotte** e adicionar, em pequenas porções, cerca de 400 mg de zinco em pó. Agitar a mistura com agitação magnética (tempo de agitação: cerca de 10 minutos), até que a cor azul clara da solução inicial desapareça. Forma-se um precipitado metálico de cobre. Verifica-se a libertação de hidrogénio gasoso (libertação lenta) (Fig. 13 e 14).



**Figura 13 – Libertação de hidrogénio gasoso durante a reação.**



**Figura 14 – Formação do cobre sólido.**

14. Para verificar que não ficaram íões de  $\text{Cu}^{2+}$  na solução, adiciona-se uma gota de solução a 1 mL de solução concentrada de amoníaco, num pequeno tubo de ensaio. Se se formar uma cor azul escura devida à formação de  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^{2+}$ , a reação do cobre com o zinco ainda não foi completa.

15. Depois de garantir que a reação foi completa, adicionar 5 mL de uma solução de HCl ( $3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), e agitar a mistura com agitação magnética (tempo de agitação: cerca de 30 minutos). Esta operação remove qualquer zinco que não tenha reagido.

16. Deixar o precipitado de cobre assentar, decantar e lavar o sólido 3 vezes com porções de 2 mL de água destilada. Decantar a solução entre lavagens.

17. Colocar o cobre metálico numa caixa de petri e deixar secar na estufa durante duas horas a uma temperatura de  $110^\circ\text{C}$  (Fig. 15).

18. Pesar o cobre e registar a massa (Fig. 16).



**Figura 15 – Cobre sólido com água.**



**Figura 16 – Cobre sólido seco.**

## 5. REGISTO DE DADOS EXPERIMENTAIS E CÁLCULOS

<b>Registos de dados / Cálculos</b>	
Massa de cobre inicial / g	
Volume da solução de HNO <sub>3</sub> / mL	
Massa de HNO <sub>3</sub> / g (por cálculo) (ver anexo)	
Volume de água adicionada no ponto 4 do protocolo / mL	
Massa de água adicionada no ponto 4 do protocolo / g (por cálculo)	
Volume da solução de NaOH / mL	
Massa de NaOH / g (por cálculo) (ver anexo)	
Volume da solução de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / mL	
Massa de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / g (por cálculo) (ver anexo)	
Volume de água adicionada no ponto 9 do protocolo / mL	
Massa de água adicionada no ponto 9 do protocolo / g	
Massa de zinco em pó / g	
Volume da solução de HCl / mL	
Massa de HCl / g (por cálculo) (ver anexo)	
Volume de água gasto para lavagem do cobre sólido na decantação / mL	
Massa de água gasta para lavagem do cobre sólido na decantação / g	
Massa da caixa de Petri vazia / g	
Massa de (caixa de Petri + cobre) / g	
Massa do cobre recuperado / g	
Massa total de água (solvente) / g (por cálculo) (ver anexo)	
<b>RECUPERAÇÃO DO COBRE</b>	
Massa da amostra de cobre / g	
Massa do cobre recuperado / g	
Cobre recuperado (%) (por cálculo)	
<b>TEMPO E ENERGIA</b>	
Duração da experiência / min	
Energia utilizada / kWh	
Preço do kWh / EUR	
Custo da energia utilizada / EUR	

## ANEXO – CÁLCULOS

### Cálculo de massas de solutos e solventes das soluções utilizadas

#### 1. Ácido nítrico – solução de concentração 6 mol/dm<sup>3</sup>

Volume da solução de HNO <sub>3</sub> / mL	
Concentração da solução de HNO <sub>3</sub> / mol/dm <sup>3</sup>	
Densidade da solução de HNO <sub>3</sub> / g/cm <sup>3</sup>	

#### Cálculo da massa de soluto (HNO<sub>3</sub>)

$$C = \frac{n(\text{HNO}_3)}{V(\text{solução})} \Leftrightarrow n(\text{HNO}_3) = C \times V(\text{solução})$$

$$m(\text{HNO}_3) = n(\text{HNO}_3) \times M(\text{HNO}_3)$$

#### Cálculo da massa de solvente

$$\rho = \frac{m(\text{solução})}{V(\text{solução})} \Leftrightarrow m(\text{solução}) = \rho \times V(\text{solução})$$

$$m(\text{solvente}) = m(\text{solução}) - m(\text{HNO}_3)$$

Massa de HNO <sub>3</sub> / g	
m1 ≡ Massa de água (solvente) / g	

#### 2. Hidróxido de sódio – solução aquosa de concentração 6 mol/dm<sup>3</sup>

Volume da solução de NaOH / mL	
Concentração da solução de NaOH / mol/dm <sup>3</sup>	
Densidade da solução de NaOH / g/cm <sup>3</sup>	

## Cálculos

Massa de NaOH / g	
m2 $\equiv$ Massa de água (solvente) / g	

### 3. Ácido sulfúrico – solução aquosa de concentração 3 mol/dm<sup>3</sup>

Volume da solução de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / mL	
Concentração da solução de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / mol/dm <sup>3</sup>	
Densidade da solução de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / g/cm <sup>3</sup>	

## Cálculos

Massa de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / g	
m3 $\equiv$ Massa de água (solvente) / g	

### 4. Ácido clorídrico – solução aquosa de concentração 3 mol/dm<sup>3</sup>

Volume da solução de HCl / mL	
Concentração da solução de HCl / mol/dm <sup>3</sup>	
Densidade da solução de HCl / g/cm <sup>3</sup>	

## Cálculos

Massa de HCl / g	
m4 $\equiv$ Massa de água (solvente) / g	

## 5 Água

Massa total de água = m1+m2+m3+m4 + Massa de água adicionada no ponto 4 do protocolo + Massa de água adicionada no ponto 9 do protocolo + Massa de água gasta para lavagem do cobre sólido na decantação

Massa total de água (solvente) / g	
------------------------------------	--