

## REALIZAÇÃO EXPERIMENTAL

### Objectivos

Interpretar as reacções químicas que ocorrem quando se efectua a electrólise de uma solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de grafite, ferro e zinco.

Verificar que as reacções de oxidação-redução que ocorrem durante a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II), com os diferentes eléctrodos, são exoenergéticas.

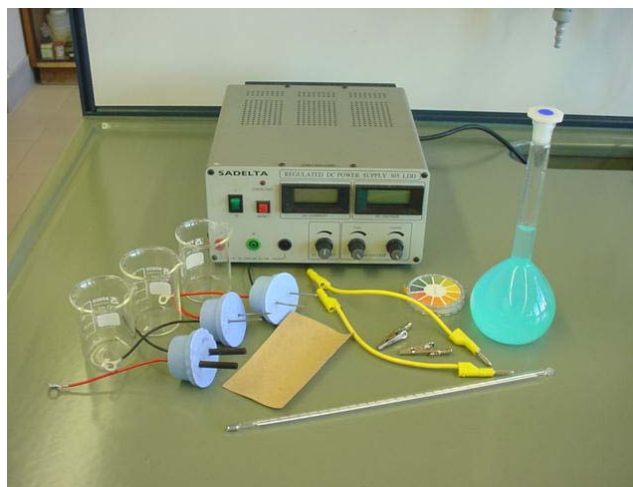
Verificar que durante a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II), com os diferentes eléctrodos, há produção de ião  $H^+$ , obtendo-se uma solução ácida.

### Duração

Tempo de realização 45 minutos.

### Material e Reagentes

- Gobelé de 100 mL
- Micro-espátula
- Fios de ligação
- Crocodilos
- Fonte de alimentação
- Solução aquosa de cloreto de cobre (II)  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$
- Eléctrodos de grafite
- Eléctrodos de ferro
- Eléctrodos de zinco
- Rolha de borracha duplamente perfurada
- Lixa
- Termómetro
- Papel indicador universal



**Materiais e reagentes para a Electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**

### Precauções/segurança

- Ligar cuidadosamente a fonte de alimentação.

- Cloreto de cobre (II): R: 20-22-36/37/38; S: 26-37/39.
- Usar luvas no manuseamento da solução aquosa de cloreto de cobre (II)  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ .

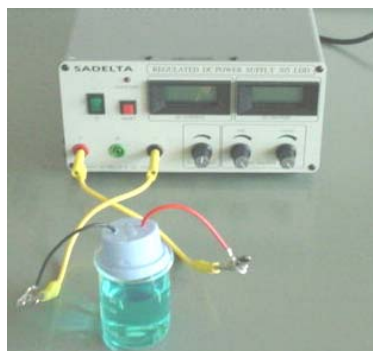
### Procedimento

1. Encher um gobelé de 100 mL com 80 mL de solução aquosa de cloreto de cobre (II)  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ .
2. Medir a temperatura e o pH iniciais da solução.
3. Colocar os eléctrodos de grafite adaptados a uma rolha de borracha e colocar esta, por sua vez, na boca do gobelé de 100 mL.
4. Ligar os eléctrodos de grafite à fonte de alimentação e esta última à corrente eléctrica.
5. Ligar o botão da fonte de alimentação ( $\cong 20 \text{ Volt}$ ) e deixar passar a corrente eléctrica durante 5 minutos. Observar.
6. Medir a temperatura e o pH finais da solução.
7. Repetir todos os procedimentos anteriores mas com os eléctrodos de ferro e, seguidamente, com os eléctrodos de zinco.

### Montagens



**Montagem para proceder a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de grafite.**



**Montagem para proceder a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de ferro.**

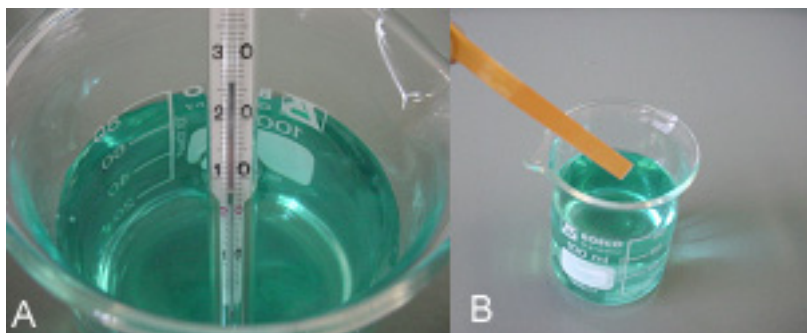


**Montagem para proceder a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de zinco.**

## **Resultados**

### **Electrólise realizada com eléctrodos de grafite**

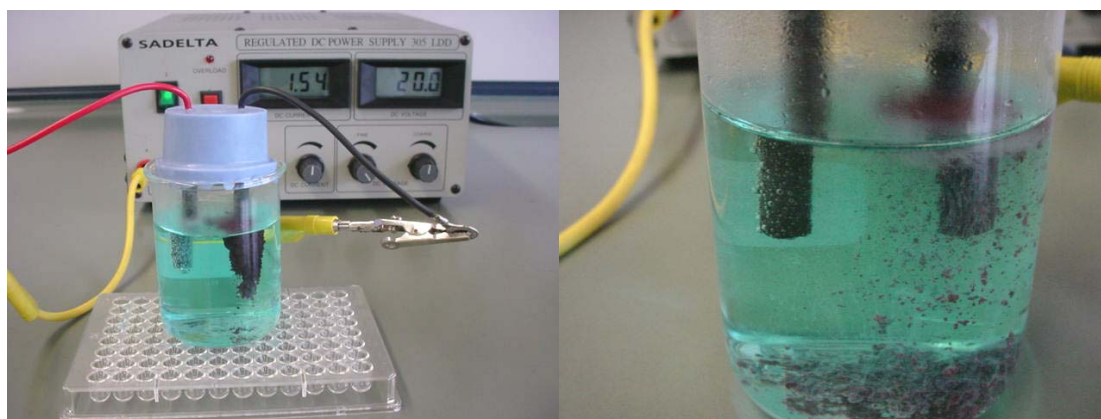
Após efectuar a medição da temperatura da solução aquosa de cloreto de cobre (II), verifica-se que a sua temperatura era de cerca de 26 °C. Por outro lado, o carácter químico da solução era neutro ( $\text{pH} \cong 7$ ).



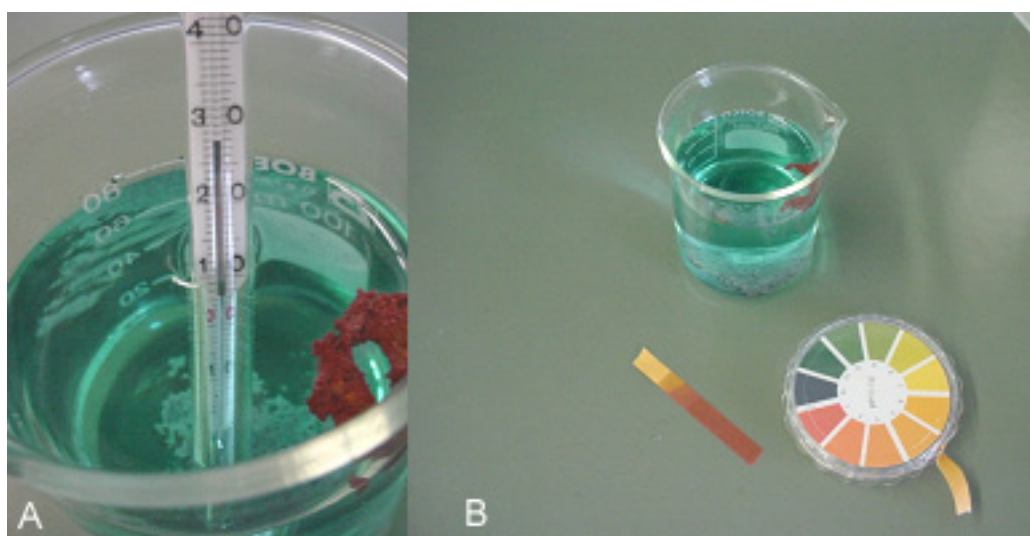
**Medição da temperatura (A) e do pH (B) da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**

Após a ligação da fonte de alimentação verifica-se imediatamente que a electrólise começa a processar-se. Com o decorrer do tempo, verifica-se que o eléctrodo negativo vai ficando coberto por um sólido avermelhado (cobre sólido) e na sua vizinhança a solução, que inicialmente apresentava a cor azul, vai ficando descolorada, porque vai perdendo os iões cobre  $\text{Cu}^{2+}$  que são responsáveis pela cor azul característica das soluções deste ião. Por outro lado, no eléctrodo positivo verifica-se a libertação de

bolhas gasosas de odor intenso a lixívia (odor do cloro molecular). O cloreto de cobre (II) decompõe-se em cobre sólido e cloro molecular.



**Electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de grafite.**



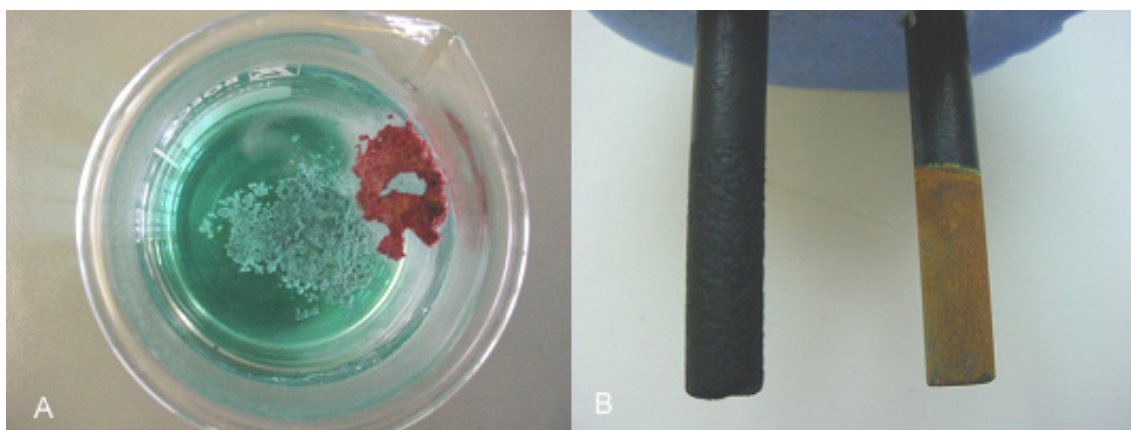
**Medição da temperatura (A) e pH (B), após a electrólise com eléctrodos de grafite, da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**

Após a electrólise da solução de cloreto de cobre (II) mediram-se, novamente, a temperatura e pH da solução obtida. Os valores obtidos para a temperatura e para o pH da solução obtida são, respectivamente, cerca de  $28^{\circ}\text{C}$  e  $\text{pH} \cong 1$ . Comparando com os dados registados na tabela seguinte, estes factos implicam que a reacção de oxidação-redução que ocorre durante a electrólise é exoenergética (liberta energia sob a forma de calor) e que ainda, durante a electrólise, há produção de ião  $\text{H}^+$ , o que faz com que a solução fique ácida.

**Registo da temperatura e do pH da solução aquosa de cloreto de cobre (II) antes e após a electrólise com eléctrodos de grafite.**

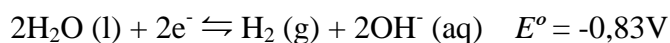
SOLUÇÃO	TEMPERATURA (°C)	pH
Cloreto de Cobre (II), antes da electrólise.	26	7
Cloreto de Cobre (II), depois da electrólise.	28	1

A formação de ião  $H^+$  é devida à ocorrência da oxidação do oxigénio da água, que também pode ocorrer no ânodo, esta semi-reacção química pode ser traduzida segundo a semi-equação de oxidação:



**Aspecto da solução (A) e dos eléctrodos de grafite (B) após a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**

No cátodo, além da redução do ião  $Cu^{2+}$  a cobre sólido é também provável que tenha ocorrido a reacção química de redução traduzida pela semi-equação seguinte:



Devido à ocorrência desta reacção de redução, é muito provável que o precipitado esbranquiçado que se encontra depositado no fundo do gobelé seja hidróxido de cobre (II).

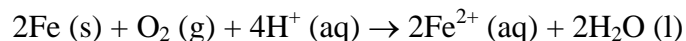
### Electrólise realizada com eléctrodos de ferro

Aquando da electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de ferro verificou-se que, novamente, no cátodo, a deposição de cobre metálico. Por outro lado, no ânodo verificou-se a libertação de um gás com odor característico da lixívia e, em simultâneo, a formação de óxido de ferro (III).

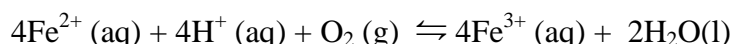


Electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de ferro.

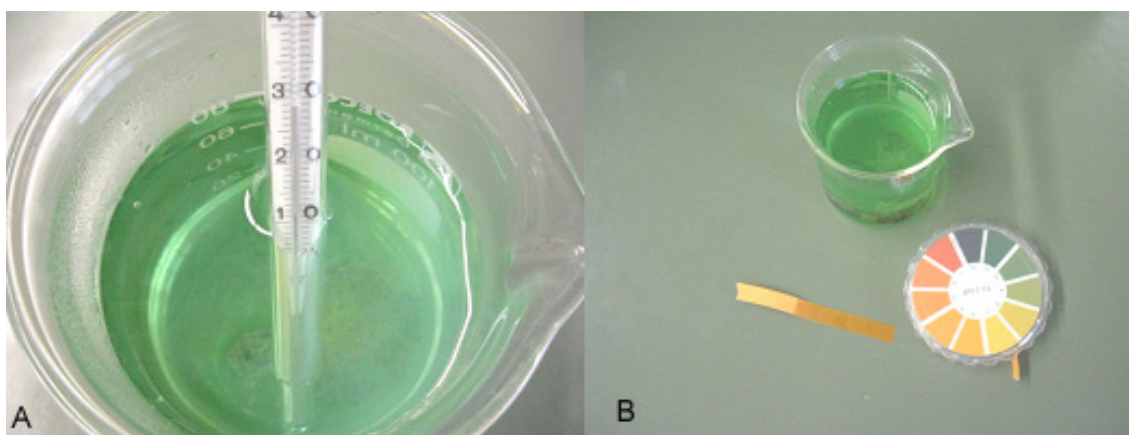
Durante a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de ferro, ocorre a deposição de cobre sólido no cátodo e a libertação de cloro molecular no ânodo. Por outro lado, verifica-se que a tonalidade da solução fica cada vez mais esverdeada. O ferro é oxidado, pelo oxigénio, a ião  $\text{Fe}^{2+}$  aquoso. Esta reacção química pode ser traduzida pela seguinte equação química:



Posteriormente, o ião  $\text{Fe}^{2+}$  é oxidado pelo oxigénio presente na solução a ião  $\text{Fe}^{3+}$ :



Estes dois iões em conjunto são responsáveis pela cor verde da solução.



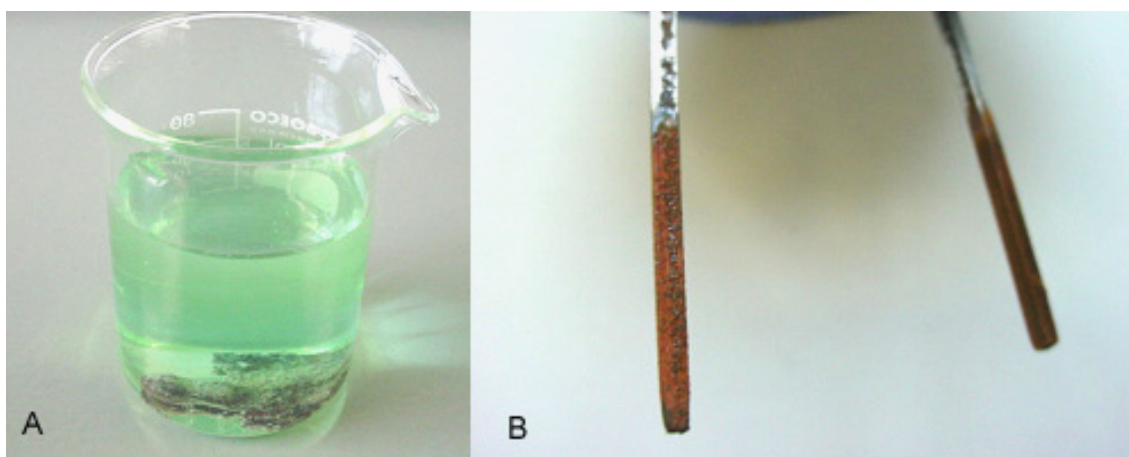
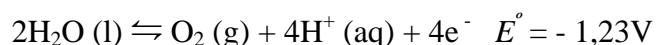
Medição da temperatura e do pH da solução aquosa de cloreto de cobre (II) após a electrólise com eléctrodos de ferro.

**Registo da temperatura e do pH da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**

SOLUÇÃO	TEMPERATURA (°C)	pH
Cloreto de Cobre (II), antes da electrólise.	26	7
Cloreto de Cobre (II), após a electrólise.	29	3

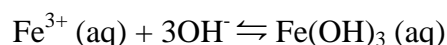
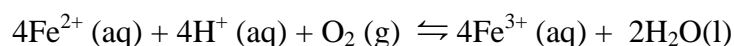
A electrólise do cloreto de cobre (II), com eléctrodos de ferro, é uma reacção exoenergética.

O pH da solução diminui devido à presença do ião  $H^+$  formado aquando da oxidação da água, que também pode ocorrer no ânodo. Esta reacção química de redução pode ser traduzida pela semi-equação:

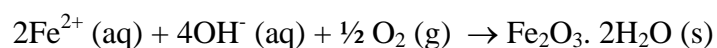


**Aspecto da solução (A) e dos eléctrodos de ferro (B) após a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**

O eléctrodo positivo de ferro (o ânodo) apresenta-se enferrujado, ou seja, encontra-se recoberto por óxido de ferro (III). Este facto é explicado pela ocorrência das reacções de oxidação-redução traduzidas pelas seguintes equações químicas:



O hidróxido de ferro (III), assim produzido, quando seca dá origem a óxido de ferro (III) – a ferrugem.



## Electrólise realizada com eléctrodos de zinco

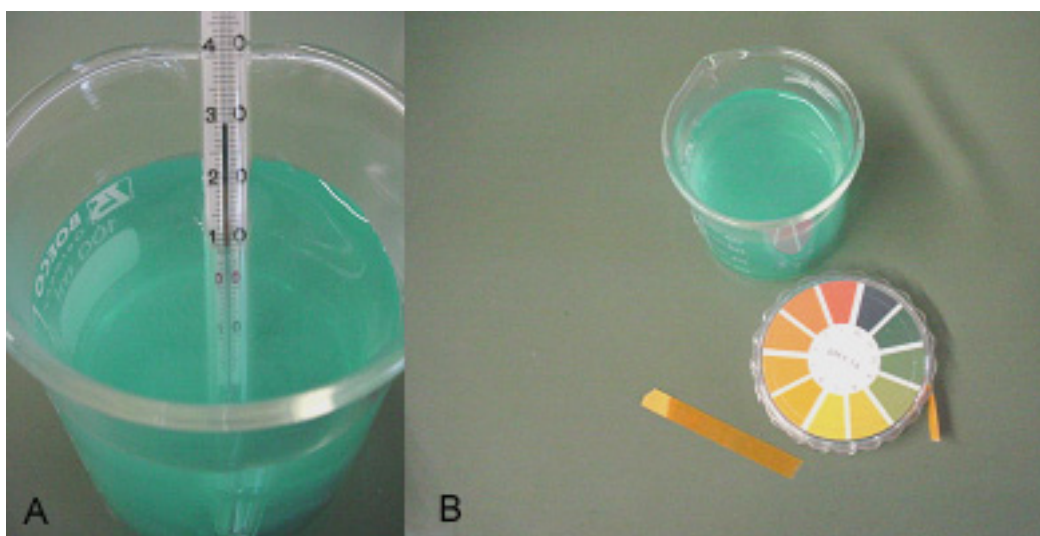
Na electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de zinco verifica-se a libertação intensa de gás cloro, no ânodo e a deposição de cobre metálico no cátodo.



Electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) com eléctrodos de zinco.



Aspecto do eléctrodo de zinco (ânodo).



Medição da temperatura (A) e do pH (B) da solução aquosa de cloreto de cobre (II) após a electrólise com eléctrodos de zinco.



**Registo da temperatura e do pH da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**

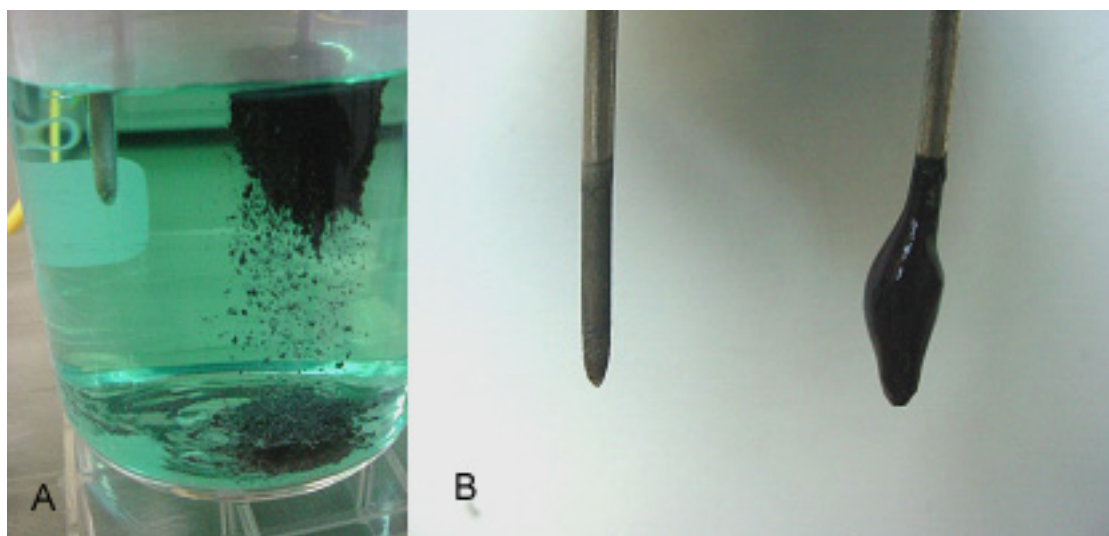
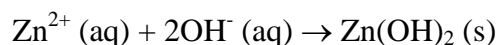
SOLUÇÃO	TEMPERATURA (°C)	pH
Cloreto de Cobre (II), antes da electrólise.	26	7
Cloreto de Cobre (II), depois da electrólise.	29	2

A reacção global que ocorre durante a electrólise é exoenergética.

O pH da solução diminui devido à presença do ião  $H^+$  formado aquando da oxidação do oxigénio da água, que também pode ocorrer no ânodo. Esta reacção química de oxidação pode ser traduzida pela semi-equação:

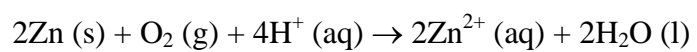


A solução obtida após a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II) apresenta ainda a cor azul, devida aos iões  $Cu^{2+}$  que ainda estão presentes em solução, mas encontra-se ligeiramente turva devido a um pequeno precipitado esbranquiçado de hidróxido de zinco. Esta reacção química pode ser traduzida pela seguinte equação química:

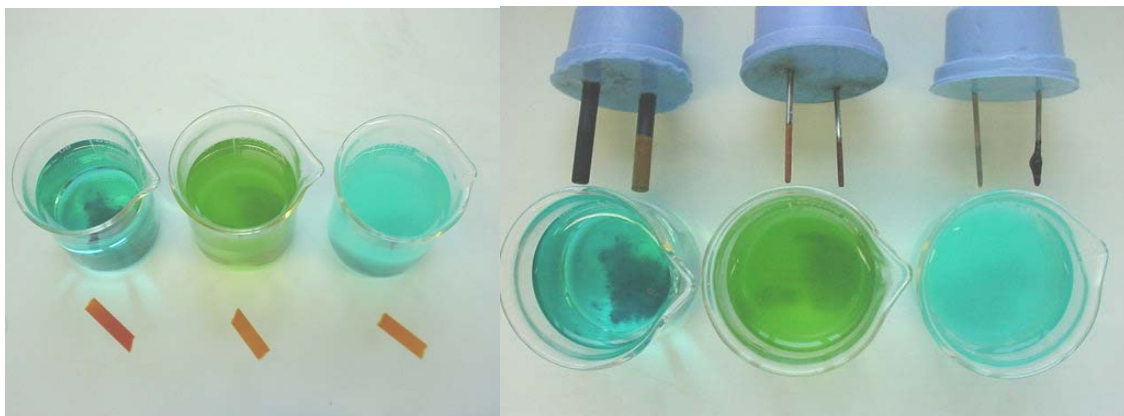


**Aspecto da solução (A) e dos eléctrodos de ferro (B) após a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**

O eléctrodo de zinco (ânodo) apresenta-se ligeiramente oxidado. Foi oxidado pelo oxigénio molecular gasoso a  $\text{Zn}^{2+}$ .



Por outro lado, no eléctrodo de zinco (cátodo) deposita-se cobre.



**Aspecto das soluções, do papel indicador e dos eléctrodos após a electrólise da solução aquosa de cloreto de cobre (II).**