

# Trabalho Laboratorial

## Célula de Combustível a etanol

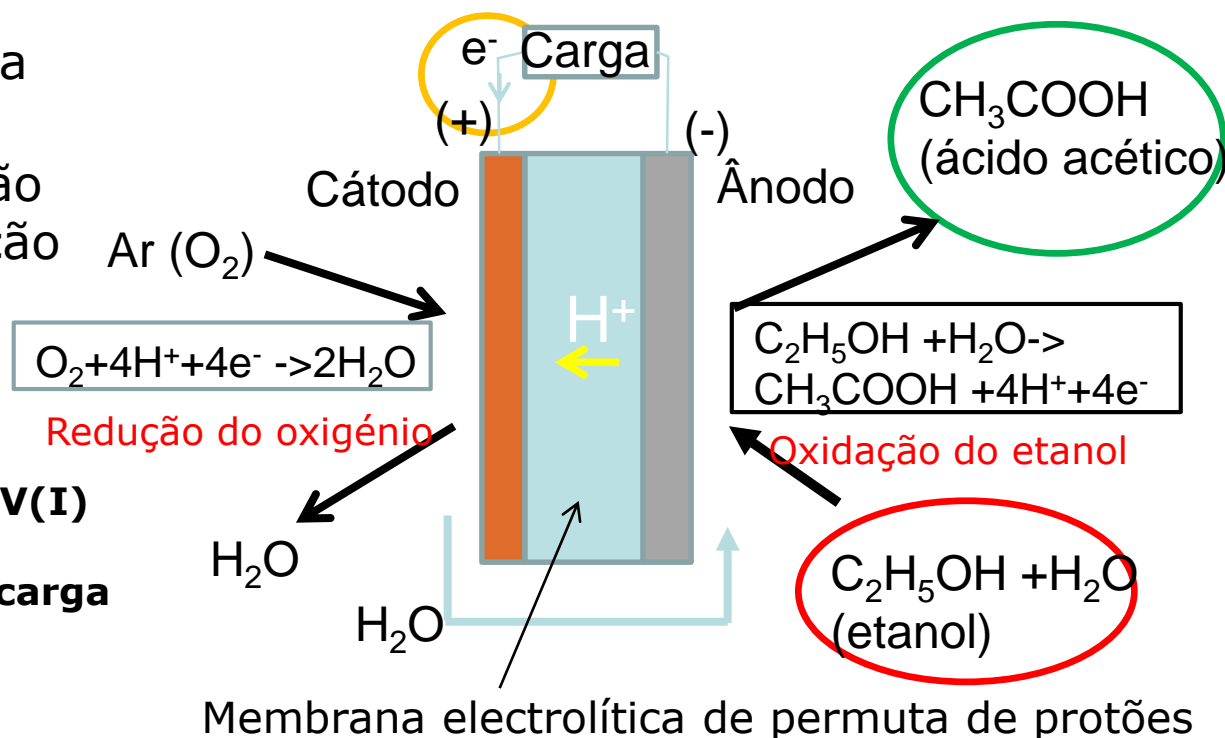


O objectivo deste trabalho consiste em analisar as **propriedades** de uma **célula de combustível a etanol**:

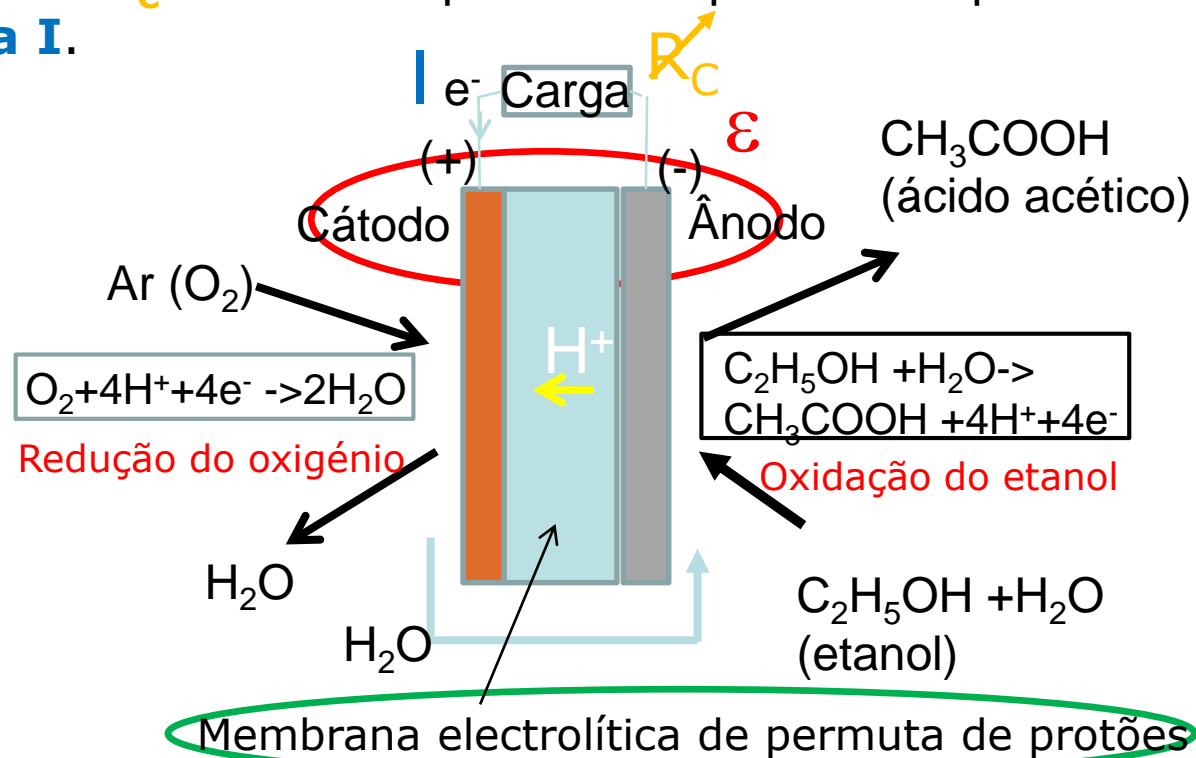
- Unidade que **converte** a energia química armazenada no seu **combustível** em **energia eléctrica** através de uma reacção electroquímica.

- Atrativa do ponto de vista ambiental, uma vez que a reacção de oxidação-redução do **etanol** conduz á produção de **ácido acético** ou de dióxido de carbono.

- 1-Determinar a característica  $V(I)$  da célula
- 2-Determinar a resistência de carga ótima
- 3-Determinar o rendimento da célula
- 4-Determinar a variação de 1,2,3 com T

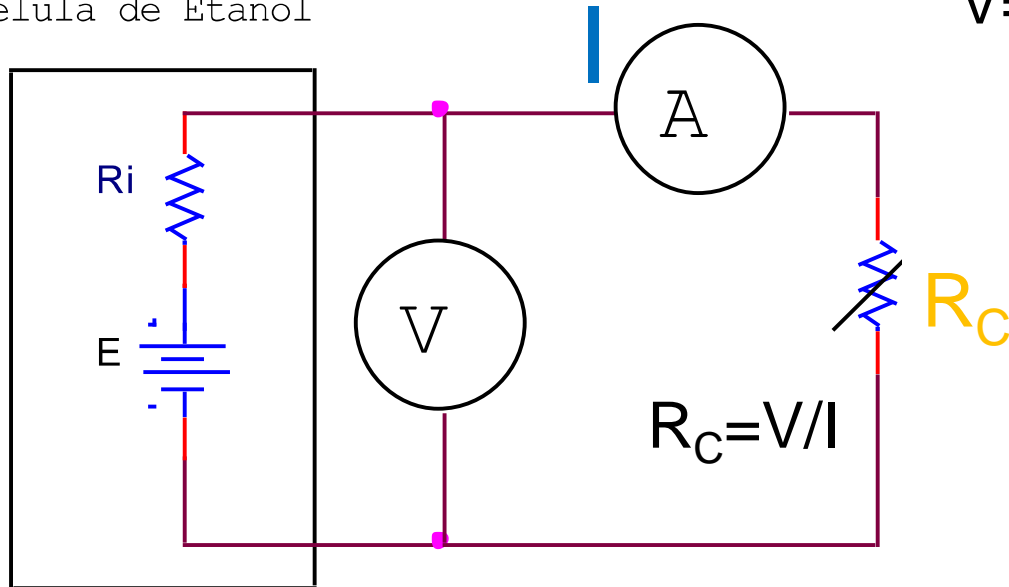


A **célula de combustível a etanol**, é constituída por uma **membrana electrolítica** de permuta de protões e dois eléctrodos, um cátodo e um ânodo onde se vai estabelecer uma **força electromotriz  $\mathcal{E}$** . Os electrodos estão ligados a um **circuito resistivo, com resistência  $R_C$  variável** que vai ser percorrido por uma **corrente eléctrica  $I$** .



# Representação do circuito da montagem

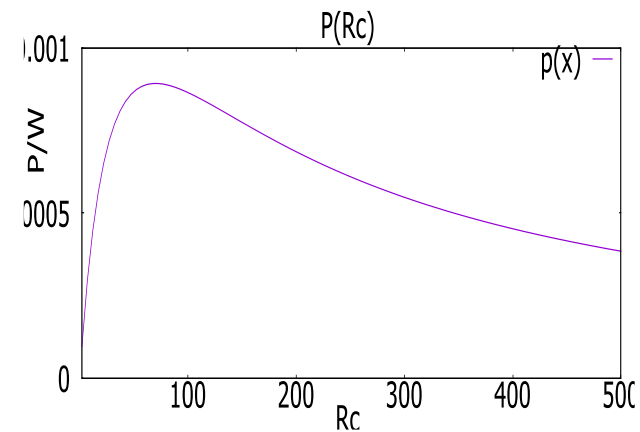
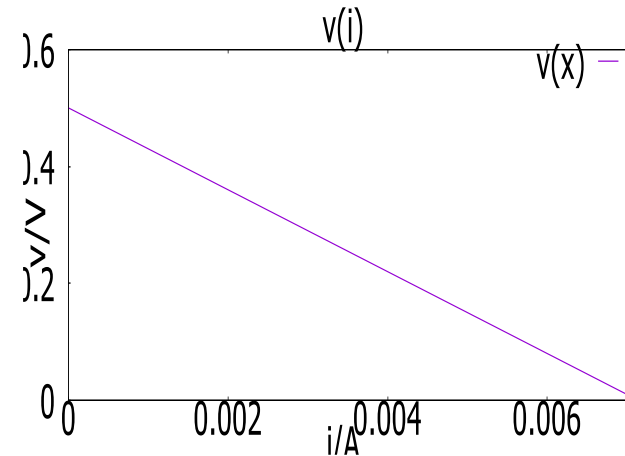
Célula de Etanol



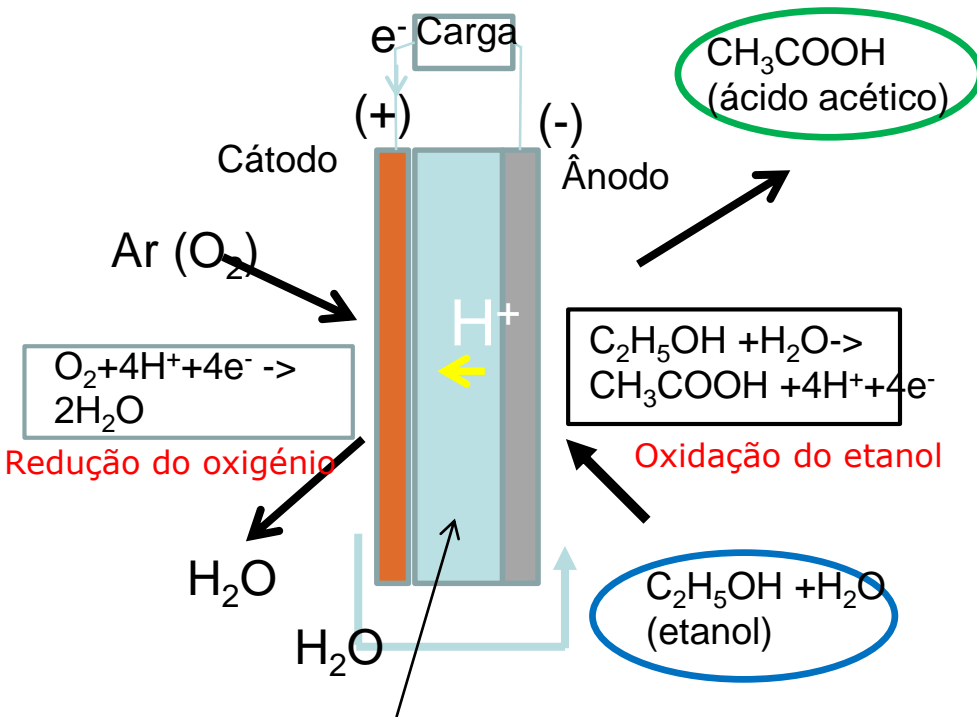
$$V = \epsilon - R_i \cdot I$$

$$R_C = V/I$$

- $$P = R_C \left( \frac{\epsilon}{R_i + R_C} \right)^2$$



A **potência química,  $P_q$** , gerada pela célula de combustível a etanol, é calculada a partir **da taxa de variação da entalpia da reacção global**



$$P = -\frac{\Delta H}{\Delta t} = 862.3 \frac{f_c}{1 + 0.056f_c} \frac{\Delta m}{\Delta t} (W)$$

$\Delta m/\Delta t$  – caudal do **resíduo** (g/s)

$f_c$  – fração mássica do **etanol** convertido. (obtida a partir do pH do efluente.)

Membrana electrolítica de permuta de protões

Reacção global:  $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$

A célula encontra-se colocada no interior de um recipiente o qual está semi-submerso num banho térmico, de modo a que seja possível controlar a **temperatura da célula,  $T$** , medida experimentalmente

Pretendemos determinar, para **diferentes valores da temperatura** a que célula está a operar:

**1) Característica tensão-corrente ( $I$ - $V$ )**

**2) A resistência  $R_{\text{ótima}}$**  (isto é para a qual a  $P(R)$  é máxima)

**3) O rendimento da célula** ( determinada pela razão entre a potência eléctrica óptima produzida,  $P(R_{\text{ótima}})$ , e a potência química fornecida,  $P_q$ ).

**4) A variação de 1,2,3 com  $T$**

Para realizar este trabalho foi realizada a seguinte montagem experimental que inclui o seguinte equipamento:

- 1-Aparato da célula de combustivel.
- 2-Sistema de aquecimento de água.
- 3-Um sistema resistivo.
- 4-Voltmetro
- 5-Amperimetro
- 6-Termopar
- 7-Um medidor de ph.
- 8- Sistema de aquisição de dados ligado a um computador





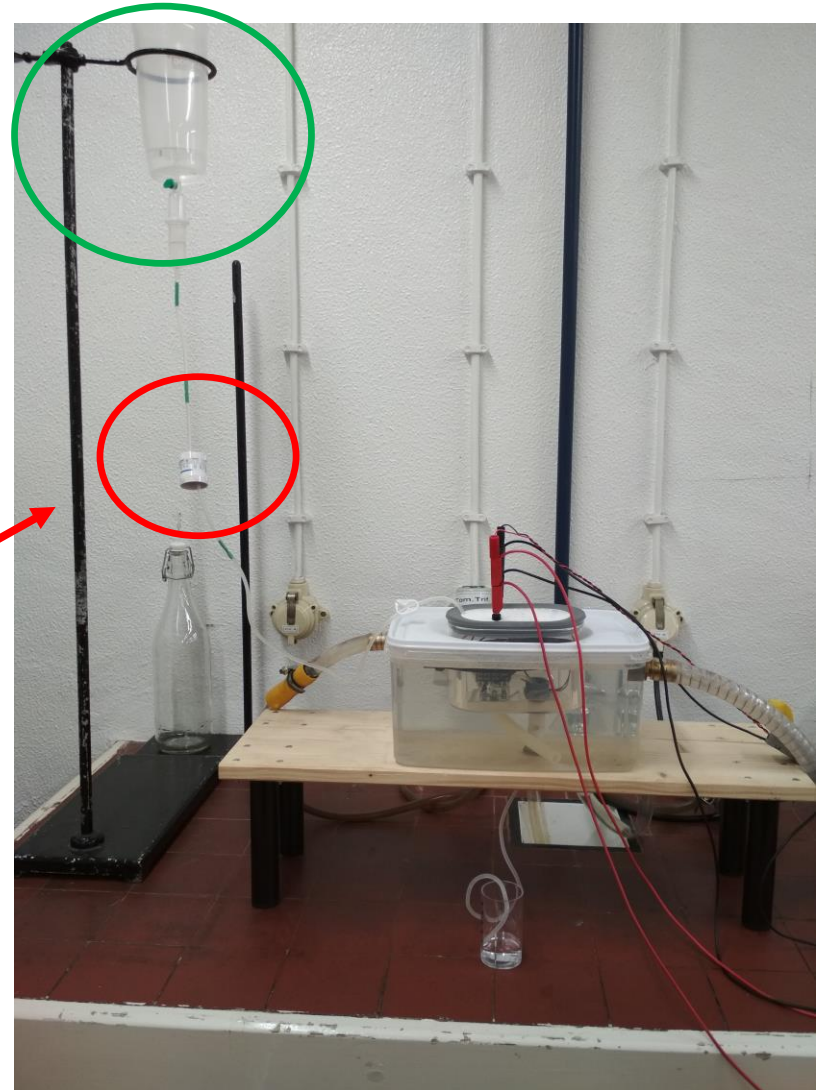
## 1) Montagem da célula de combustível





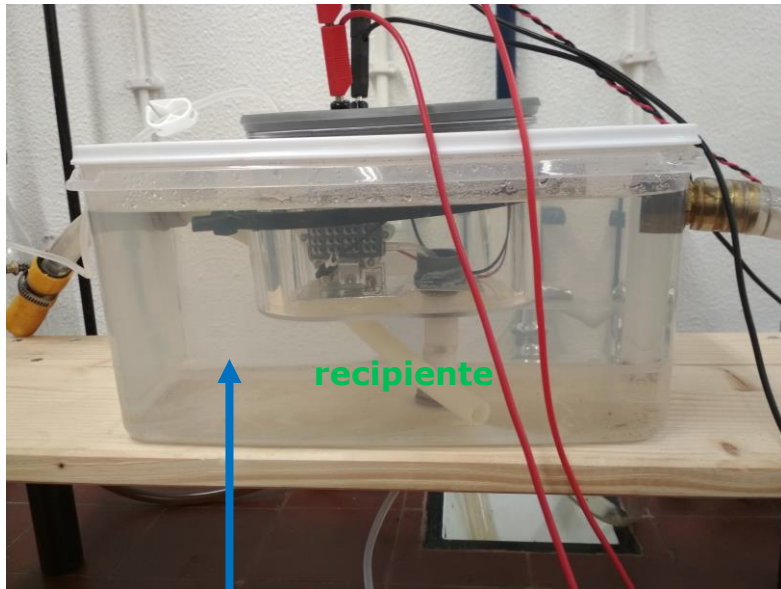
1.1 Um depósito com o combustível  
(mistura de água e etanol a 10%  
em volume)

1.2 uma válvula

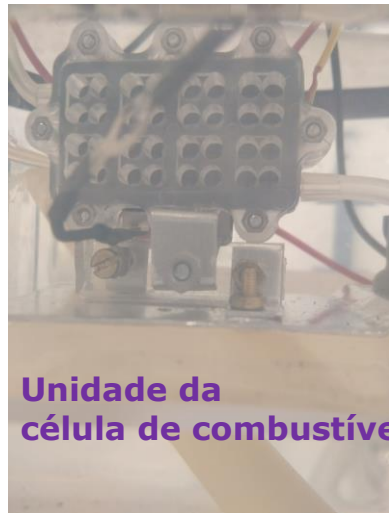


## Descrição do equipamento: célula de combustível

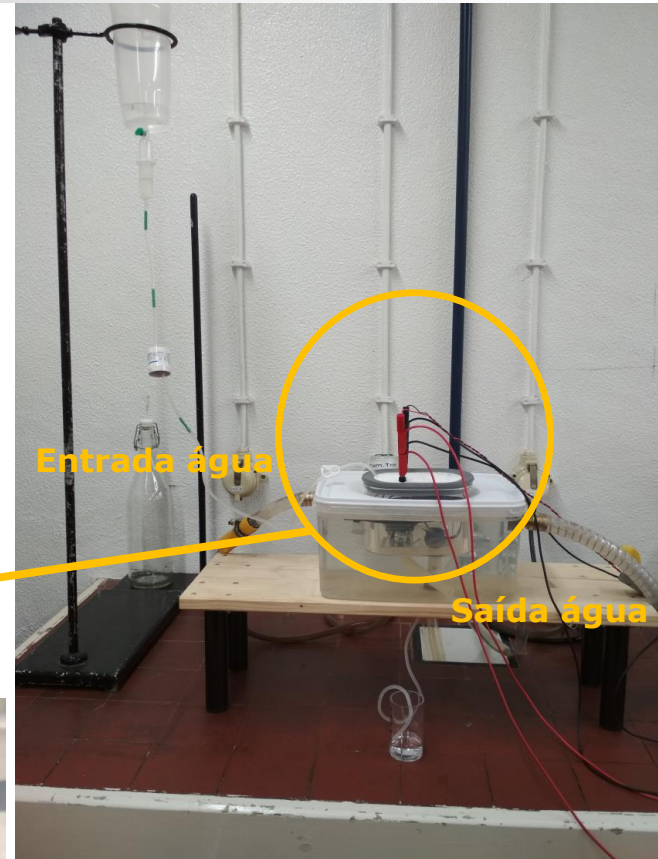
(1.3) Um recipiente com a unidade da célula de combustível (um membrana electrolítica de permuta de protões, um cátodo e ânodo) onde se vai estabelecer a diferença de potencial, V



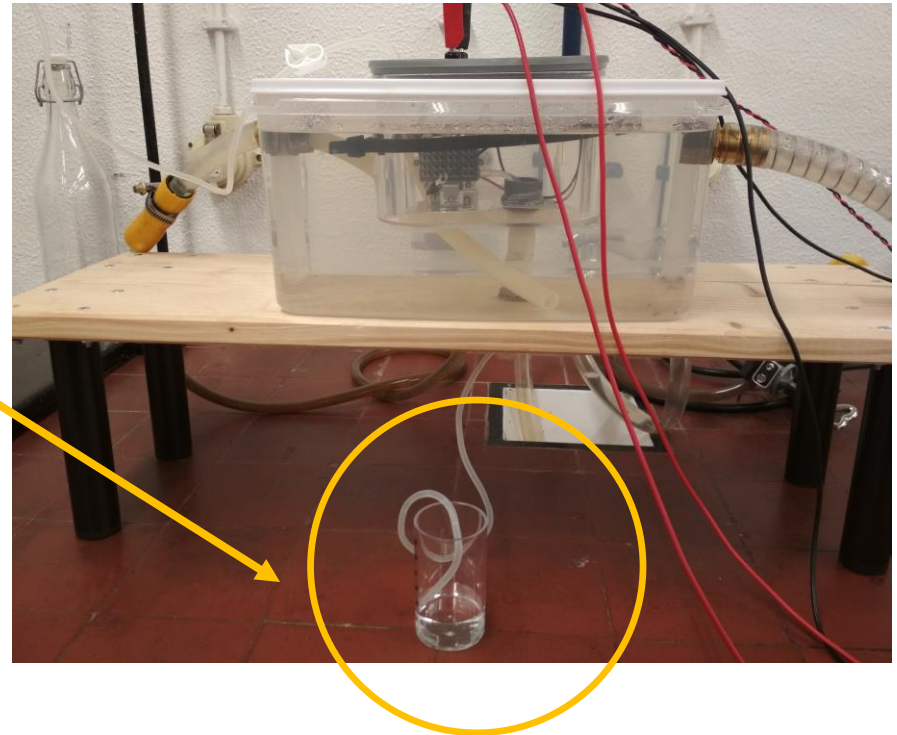
Recipiente está semi-submerso num banho térmico de água



Unidade da célula de combustível



1.4. um pequeno **goblet** onde vai ser dispensado o efluente (ácido acético)





2) um **sistema de aquecimento da água** para manter o banho a uma dada temperatura

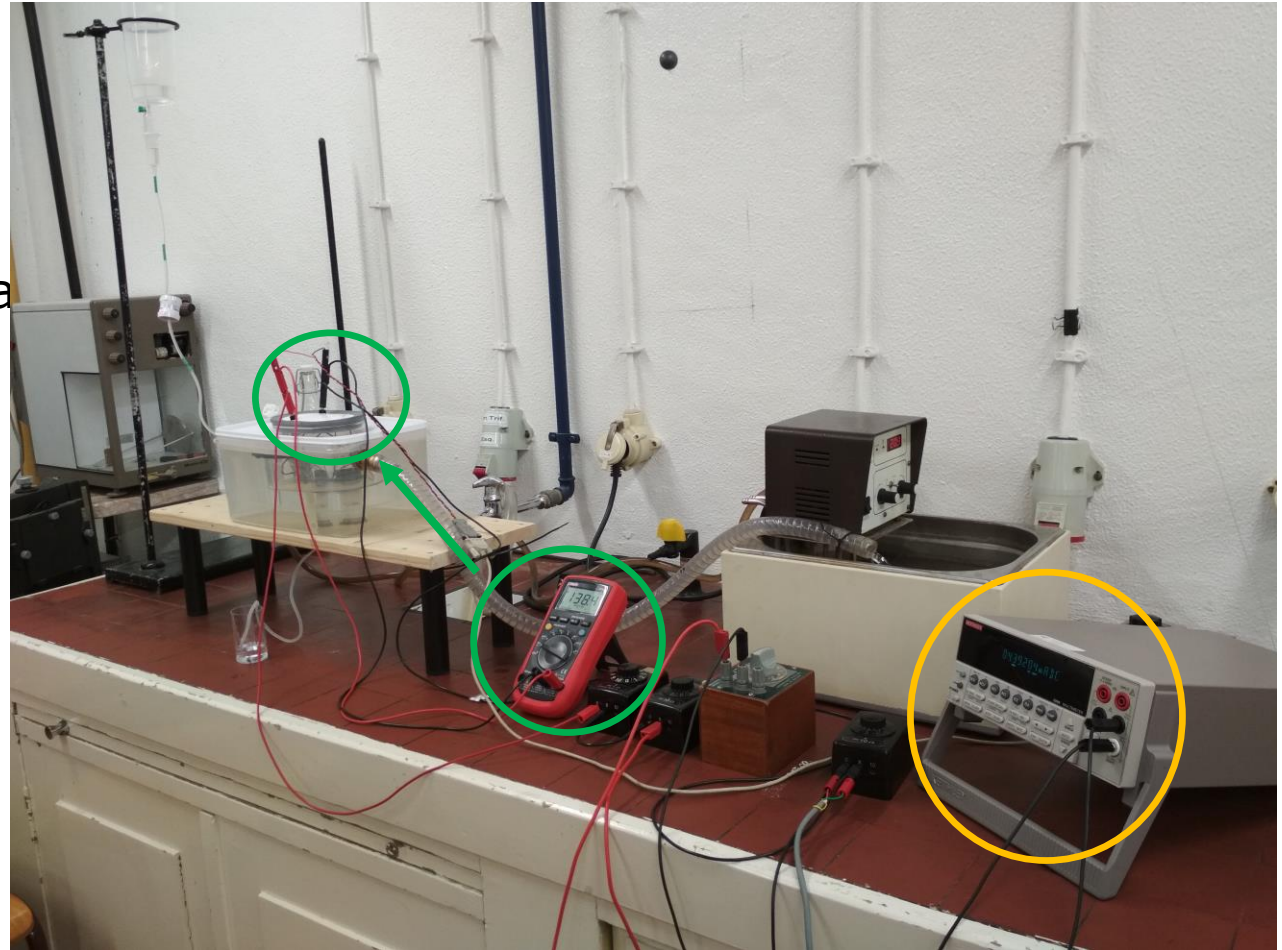


3) Uma carga **Resistiva**,  $R$ , com um conjunto de resistências em série



4) Um **voltímetro** para medir a tensão aos terminais da célula de combustível

5) Um **amperímetro** ligado em série com as resistências





6) um **termómetro** com funcionamento baseado num termopar, para medir a temperatura da célula de combustível, T.



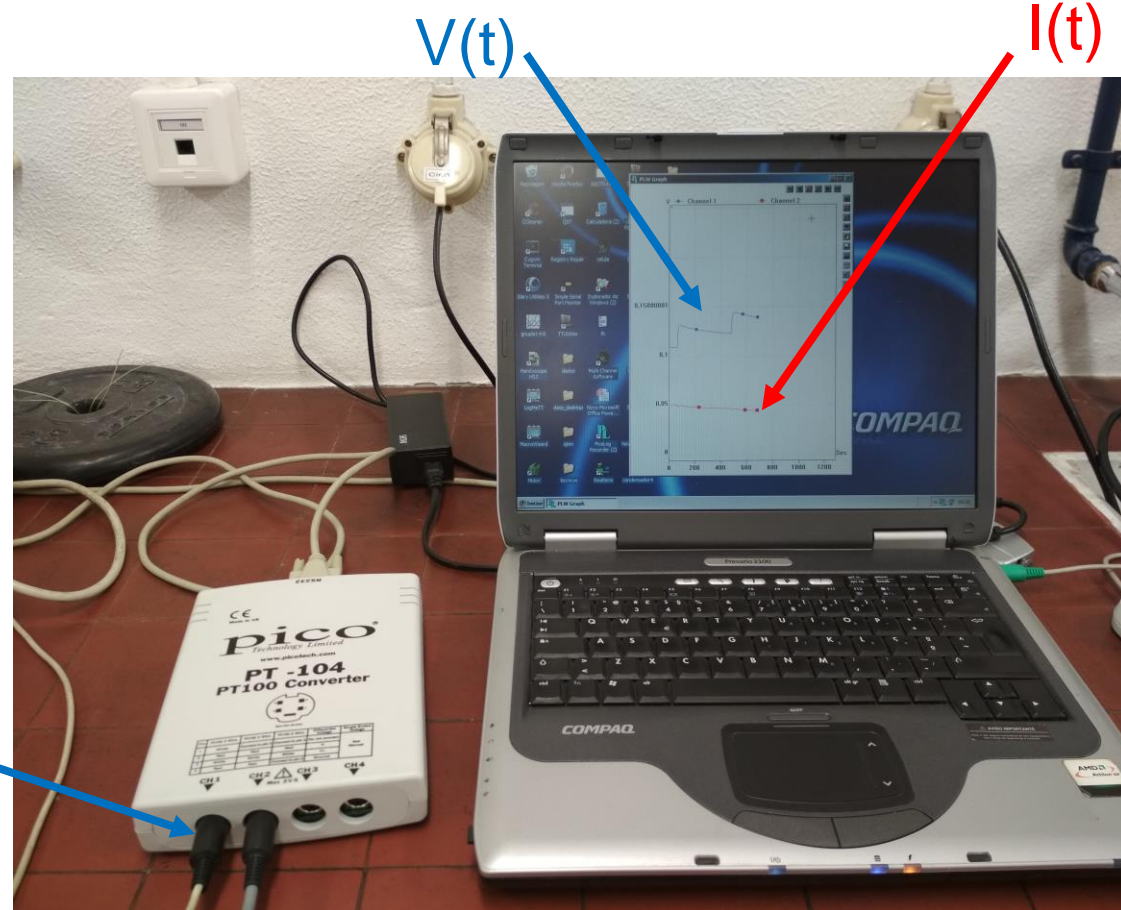
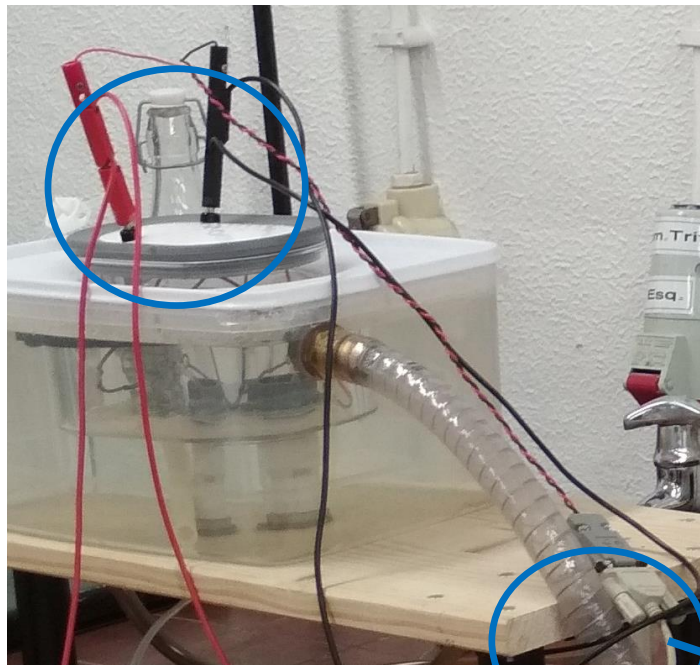


## 7) um medidor de pH



8) um sistema de aquisição de dados ligado a um computador que permite registar em tempo real :

- a tensão aos terminais de célula  **$V(t)$  no channel 1**
- a corrente  **$I(t)$**  que percorre o circuito resistivo **no channel 2**



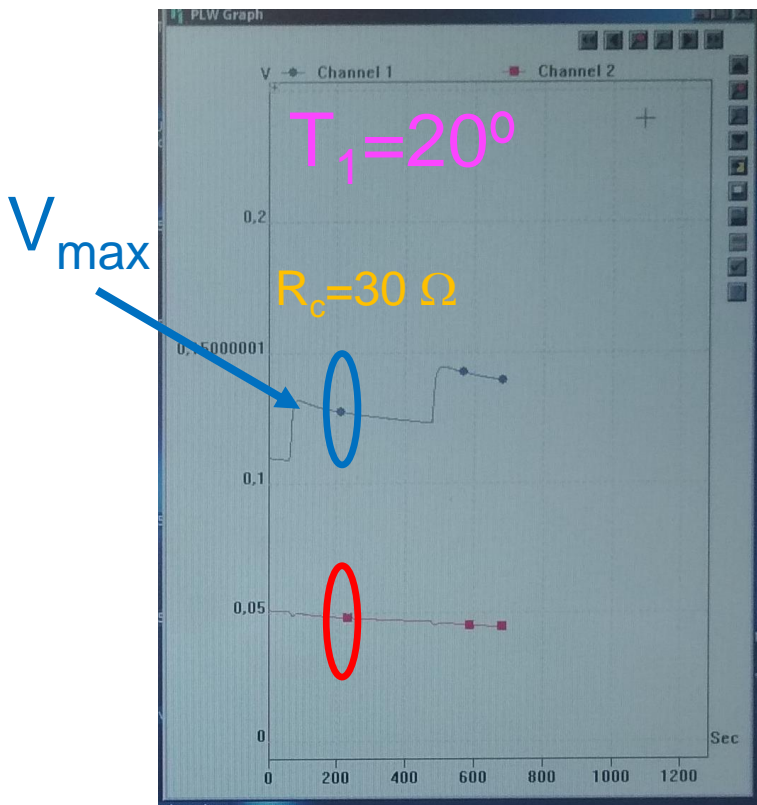
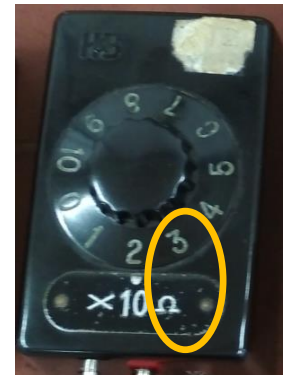
### Testes e montagem

- 1) Testar as componentes da montagem, e efectuar as ligações entre as componentes.
- 2) Verificar que o depósito contém combustível até metade da sua capacidade
- 3) Ligar o sistema de aquisição de dados acoplado à célula
- 4) Determinar a massa do goblet
- 5) Ligar o banho térmico impondo uma temperatura igual à do ambiente, cerca de  $T_1 = 20^\circ\text{C}$ , e verificar com o auxílio do termopar que a temperatura da célula atingiu o regime estacionário
- 6) Colocar a resistência de carga a  $R_c = 20\ \Omega$



### Realização da experiência

- 1) Iniciar o funcionamento da célula de combustível colocando a válvula da célula a **5ml/h**
- 2) Variar a resistência de carga para  **$R_c = 30\ \Omega$**



$$R = V/I$$

- 3) Seguir o andamento da tensão aos terminais da célula e da corrente no circuito através do programa Picolog, registrando o valor de **tensão, V**, e **corrente, I**, um intervalo de tempo fixo depois da tensão ter atingido o **valor máximo**



### Realização da experiência

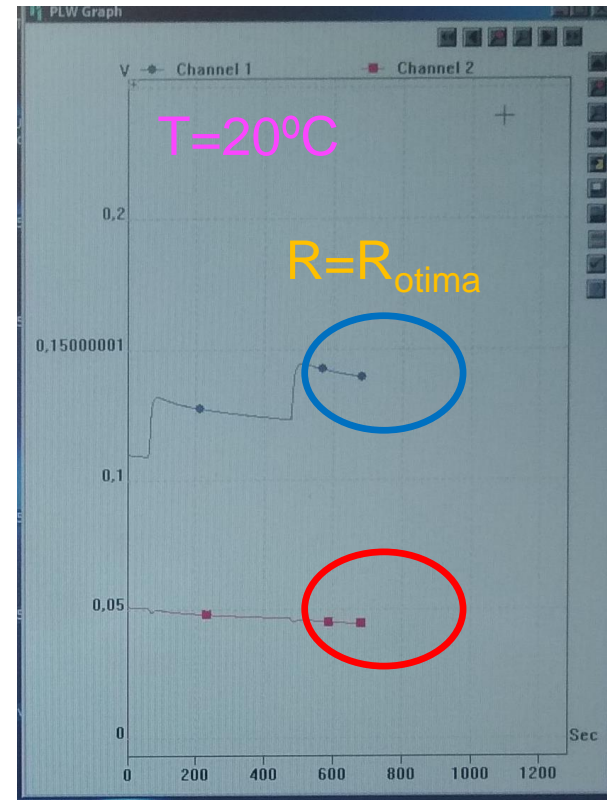
3) Repetir o procedimento anterior para diferentes valores da resistência de carga desde

**$R_c = 20 \, \Omega$  até  $R_c = 600 \, \Omega$  com pelo menos 20 valores**

4) A partir dos valores (I,V), determinar a resistência ótima,  **$R_{ótima}$**

5) Colocar  $R = R_{ótima}$  e registrar o valor de **tensão** e **corrente** a cada **2 minutos**.

6) Determinar a massa do efluente e determinar o caudal  $\Delta m / \Delta t$



7) Determinar o pH do efluente usando um medidor de pH



- 8) Com a  $R_c$  no seu valor máximo, mudar o banho térmico para  $T_2 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 9) Variar  $R_c = 20\text{ }\Omega$  e repetir o procedimento anterior.
- 10) Executar novamente o procedimento para  $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Para os diferentes valores da temperatura a que célula está a operar determinar:

**1) Característica tensão-corrente ( $I$ - $V$ )**

2) A potência eléctrica  $P(R)$

**3) A resistência  $R_{ótima}$**  (isto é para a qual a  $P(R)$  é máxima)

4) A resistência interna da célula

5) A potência química,  $P_q$

**6) O rendimento da célula** ( determinada pela razão entre a potência eléctrica ótima produzida,  $P(R_{ótima})$ , e a potência química fornecida,  $P_q$ ).

**7) Criticar os resultados obtidos**

FIM