



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Covilhã | Portugal

*1<sup>st</sup> Workshop from the CREaTION Project in Research Lines of Excellence*

*Covilhã, 18 de Novembro de 2013*

# *Energy harvesting from organic materials*

DEPARTAMENTO DE  
ELECTROMECHANICA



*Pedro Serra | Sabrina Guia | António Espírito Santo | António Albuquerque*



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Covilhã | Portugal

*1<sup>st</sup> Workshop from the CREaTION Project in Research Lines of Excellence*

*Covilhã, 18 de Novembro de 2013*

# Células de Combustível Biológicas

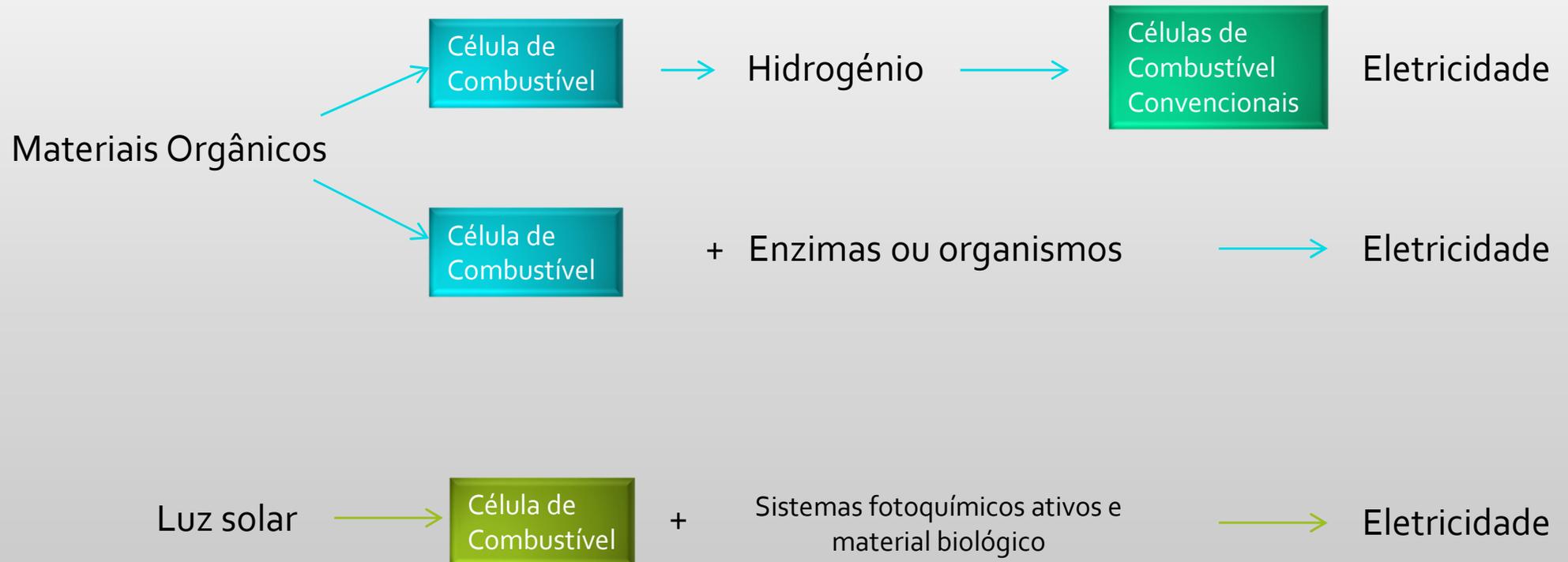
DEPARTAMENTO DE  
ELECTROMECHANICA



*Pedro Serra | Sabrina Guia | António Espírito Santo | António Albuquerque*



## Sistemas Bioeletroquímicos (BES)



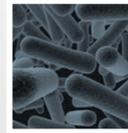
## Sistemas Bioeletroquímicos (BES) Células de Combustível Biológicas (MFC)

- 1790. Galvani: Realiza experiências com electricidade e pernas de rãs.
- 1911. Potter: Libertação de energia eléctrica por oxidação orgânica.
- 1931. Cohen: Primeiras células de combustível biológicas ligadas em série.
- 1960. NASA: Declara o objectivo de produzir electricidade a partir de resíduos orgânicos resultantes da actividade espacial.
- 1962. Rohrbach: Utilização de bactérias como catalisadores na produção de hidrogénio.
- 1963. Primeira célula de combustível biológica disponível comercialmente.
- 1966. Rice: Palha de arroz utilizada como substrato.
- 1969. Yao: Prova que a glicose pode ser utilizada como substrato para a produção de electricidade.
- 1986. Karube: Uma MFC com ácido fosfórico como electrólito produz cerca de 300 mA.
- 1991. Primeira tentativa para utilizar MFC em estações de tratamento de águas residuais.
- 1999. Kim B. H.: MFC sem mediador
- 2009. Avanços na tecnologia permitem normalizar a quantidade de energia produzida em função do volume da célula.

## Materiais

### Eléttodos

- Condutividade;
- Biocompatibilidade;
- Estabilidade Química.



Ânodo

- Área específica e porosidade;
- Não passível de ser obstruído.



Cátodo

- Tipicamente dopados com o catalisador (platina ou outro metal de transição);
- Versátil para acomodar reacções entre electrões, prótons e oxigénio.

Material mais comum para os eléctrodos é a grafite e o carbono.

## Materiais

### Substrato

- Nutrientes para a população de bactérias;
- Fonte de energia;
- Electroquimicamente não activo.



Complexidade  
do substrato  
químico



Saída eléctrica  
da célula

O substrato deve ser desenvolvido de acordo com a população bacteriológica.

## Materiais

### Membrana

- Conduz os prótons entre as câmaras;
- Protege o ânodo de ser exposto ao oxigênio;
- Impede transferências químicas entre as câmaras e impede a passagem de líquidos entre as câmaras.

<b>CEM</b>	Membrana de Troca de Cátions	Nation: Ultrex:	Propensa à obstrução. Menor resistência. Mais barata.
<b>AEM</b>	Membrana de Troca de Ânions:	AMI-7001. Transporte de íons fosfato. pH mais estável (maior aumento no cátodo).	
<b>BM</b>	Membranas Bipolares:	Membranas de ânions e cátions em série. Maior resistência interna. Diminuição na potência atingida.	

## Materiais

### Bactérias

- Microorganismos procariotas:
  - Núcleo e outras órgãos não delimitados por membranas;
  - Parede celular feita de peptidoglicano;



Se o receptor de electrões for o oxigénio molecular, então o metabolismo é aeróbico, caso contrário é anaeróbico.

## Métodos: Arquitectura de reactores

### Primeiro reactor:

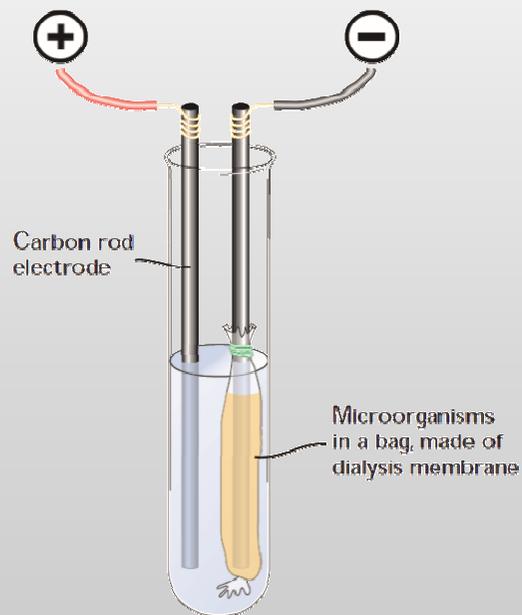


Figura 1 – Exemplo para a primeira arquitetura de um reactor [1].

### Tecnologia actual:

#### *Câmara dupla:*

- Manuseamento fácil;
- Pode ser operado em modo contínuo ou descontínuo;
- Escolha típica para estudos laboratoriais;

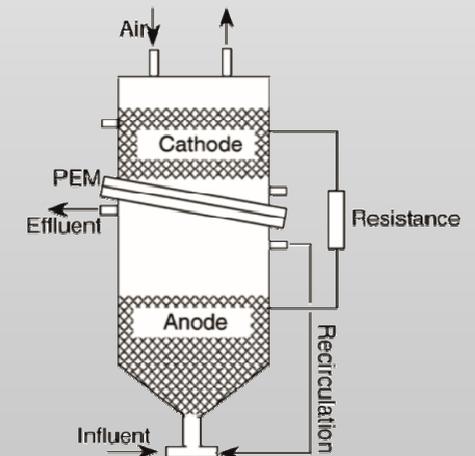
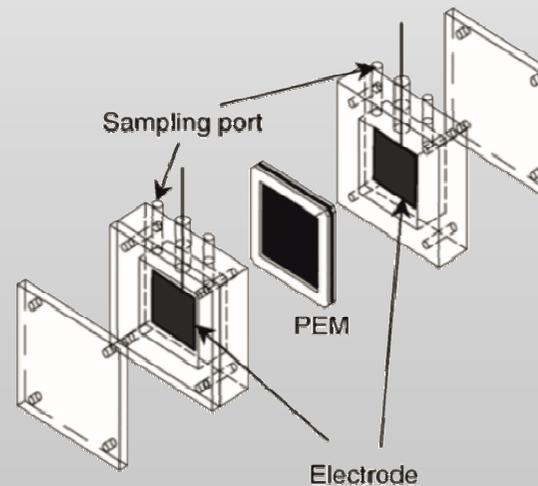


Figura 2 – À esquerda os elementos tipicamente constituintes de uma câmara dupla; À direita uma câmara de fluxo ascendente [2].

## Métodos: Arquitectura de reactores

### Primeiro reactor:

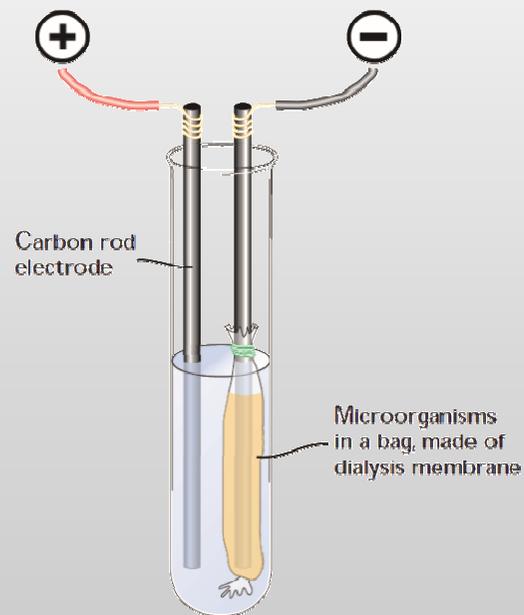


Figura 1 – Exemplo para a primeira arquitetura de um reactor [1].

### Tecnologia actual:

#### *Câmara simples:*

- Mais simples de construir;
- Não necessita de arejamento.

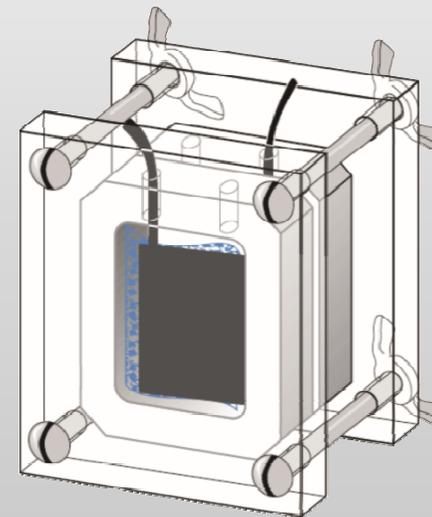


Figura 3 – Imagem exemplificativa de um reactor de câmara simples [1].

## Métodos: Arquitetura de reatores

### Reatores:

#### *Câmara simples*

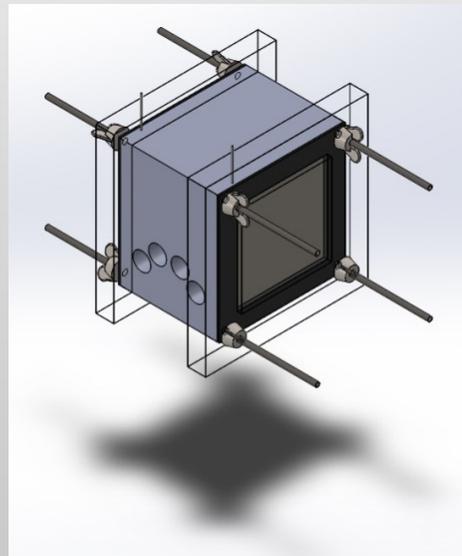
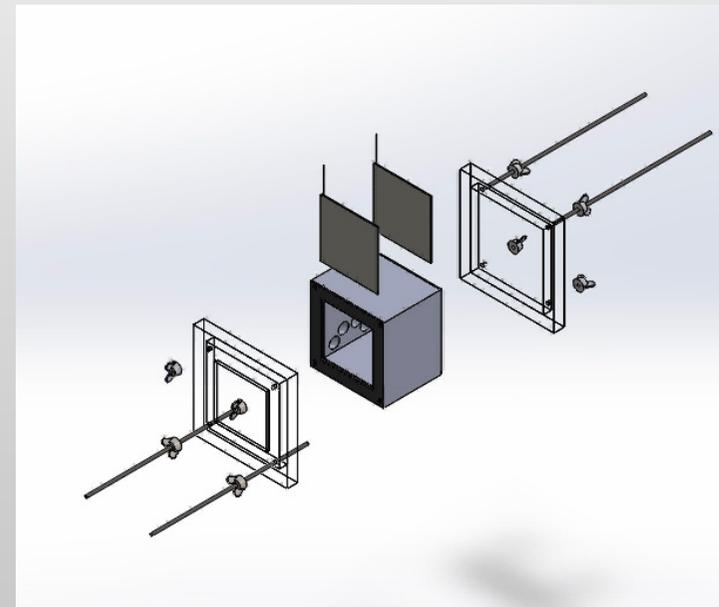


Figura 4 – Proposta de construção para um reactor de câmara simples.



Vídeo 1 – Visualização 3D dos elementos e da respetiva montagem para um reactor de câmara simples.

## Métodos: Arquitetura de reatores

### Reatores:

#### *Câmara dupla*

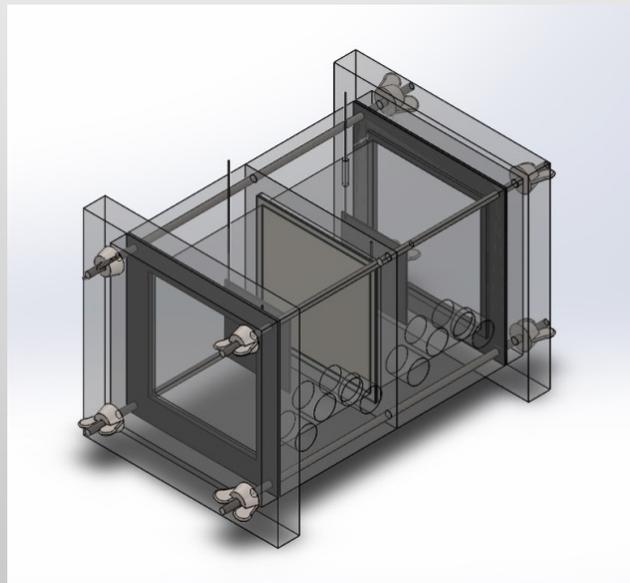
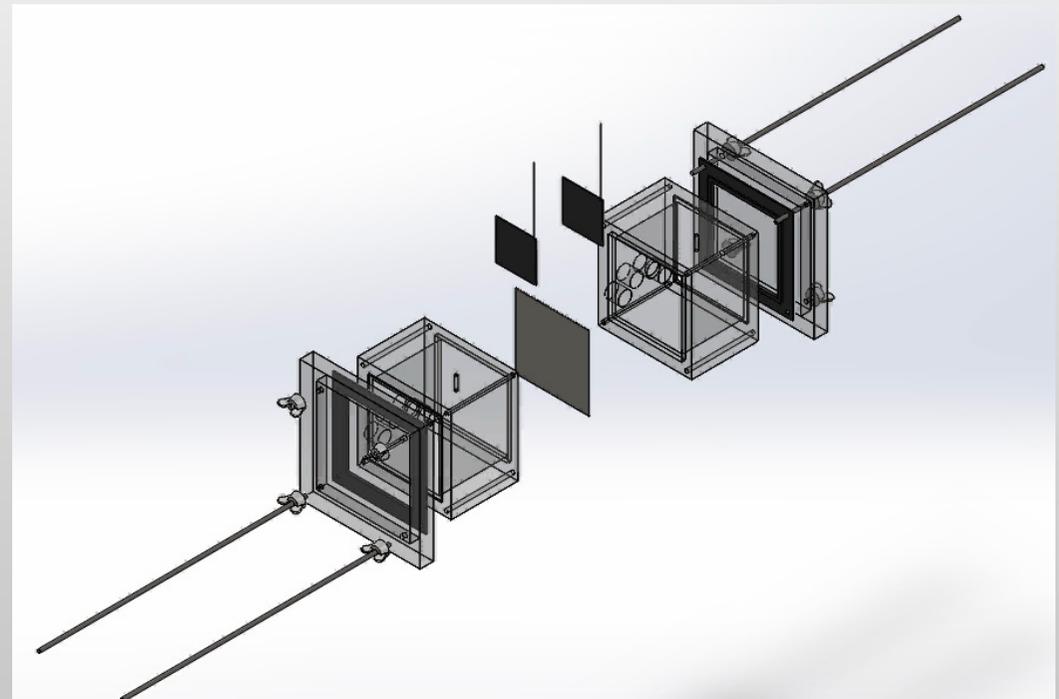


Figura 5 – Proposta de construção para um reactor de câmara dupla.



Vídeo 2 – Visualização 3D dos elementos e da respetiva montagem para um reactor de dupla.



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Covilhã | Portugal

*1<sup>st</sup> Workshop from the CREaTION Project in Research Lines of Excellence*

*Covilhã, 18 de Novembro de 2013*

# Pilha Biológica

DEPARTAMENTO DE  
ELECTROMECHANICA



*Pedro Serra | Sabrina Guia | António Espírito Santo | António Albuquerque*

O principal objectivo consiste em obter energia para alimentar dispositivos electrónicos de baixo consumo.

## Absorção de Água e Nutrientes

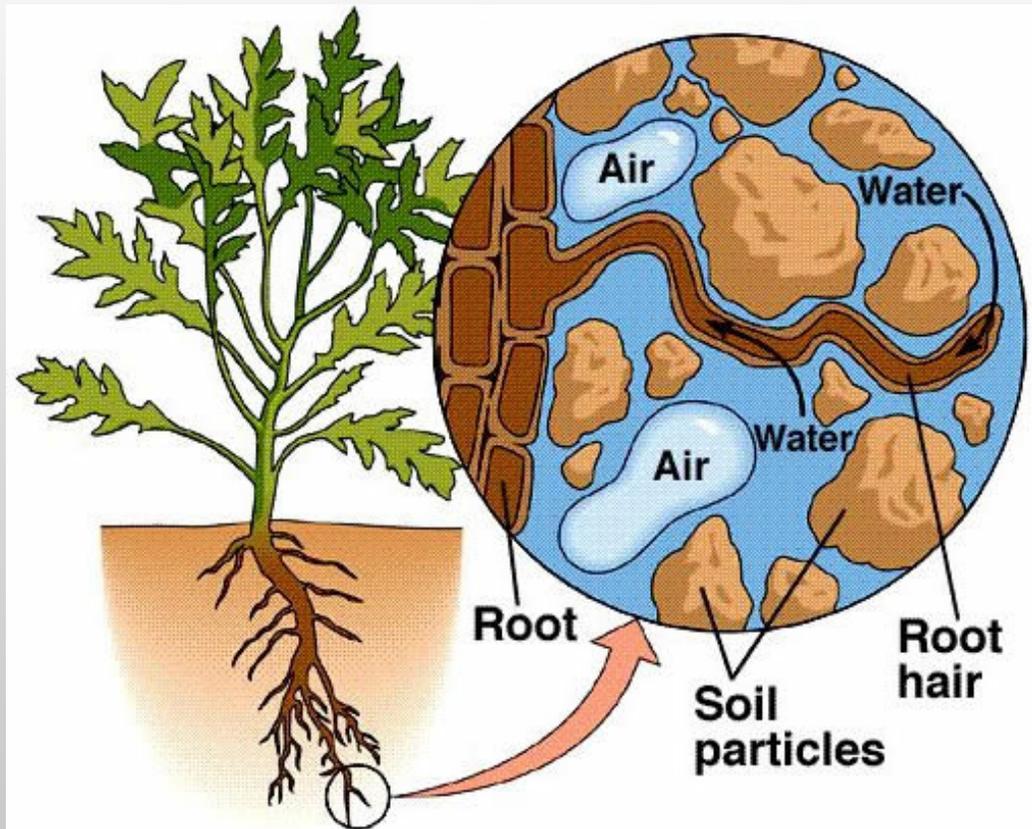
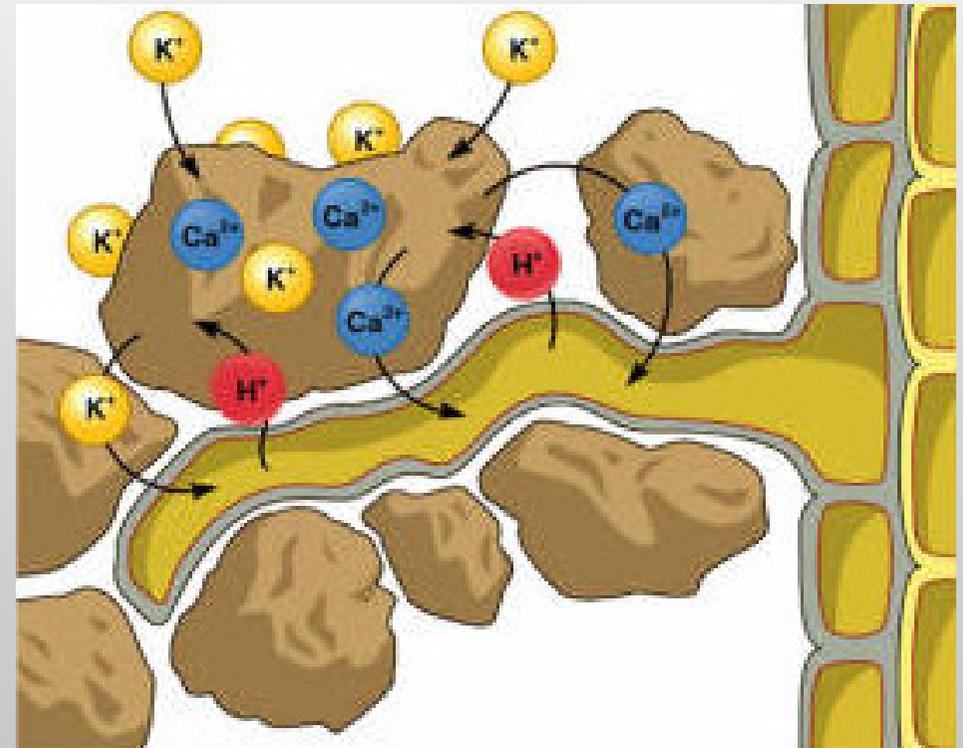


Figura 6. Esquemática do mecanismo de absorção da água por parte das plantas. [3]

Figura 7. Esquemática do mecanismo de absorção de nutrientes por parte das plantas. [4]



# Fundamentos Biológicos

## Movimento de Solutos na Planta

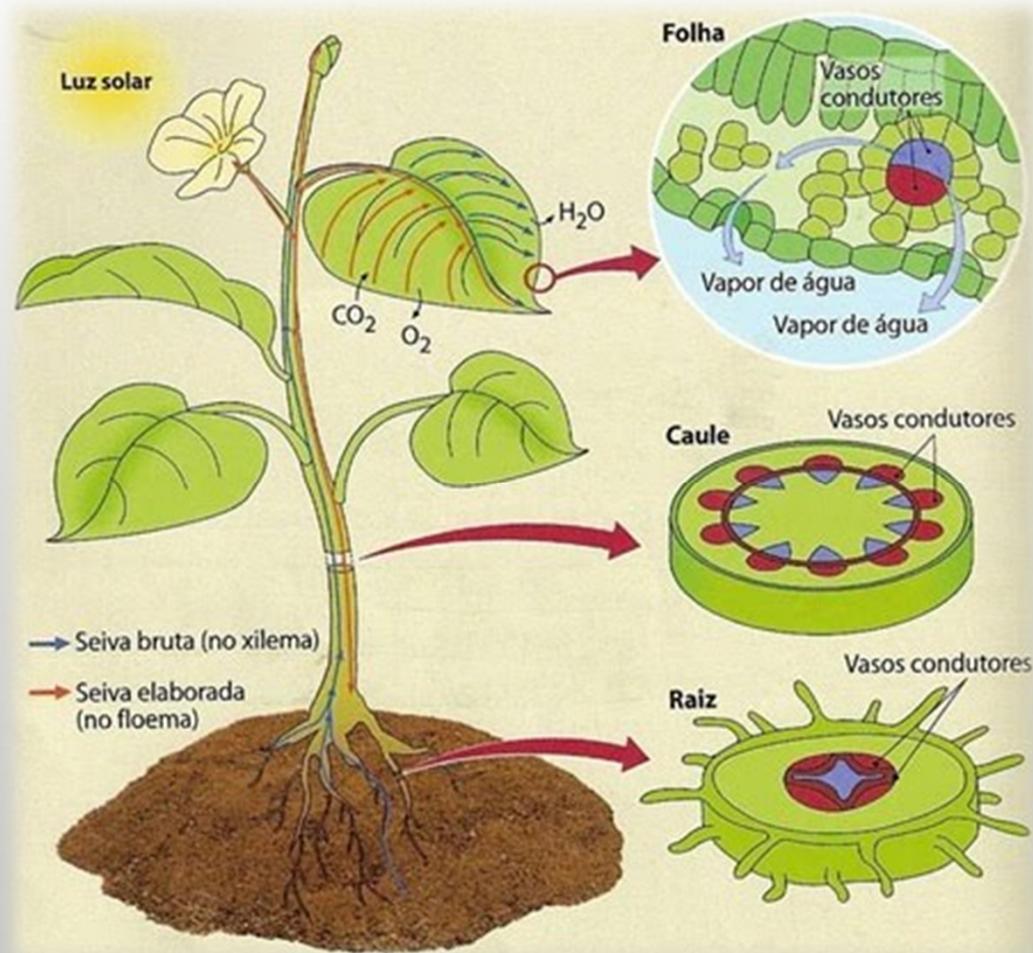


Figura 8. Esquematização do transporte de nutrientes na planta. [5]

## Transporte no Xilema

### Transpiração

Evaporação da água para o ar diminui o potencial hídrico na folha

### Adesão-Coesão

Coluna de água no xilema é mantida por coesão das moléculas de água nos elementos dos vasos

### Tensão

Baixo potencial hídrico na raiz provoca a entrada de água do solo, que se desloca por osmose até à medula

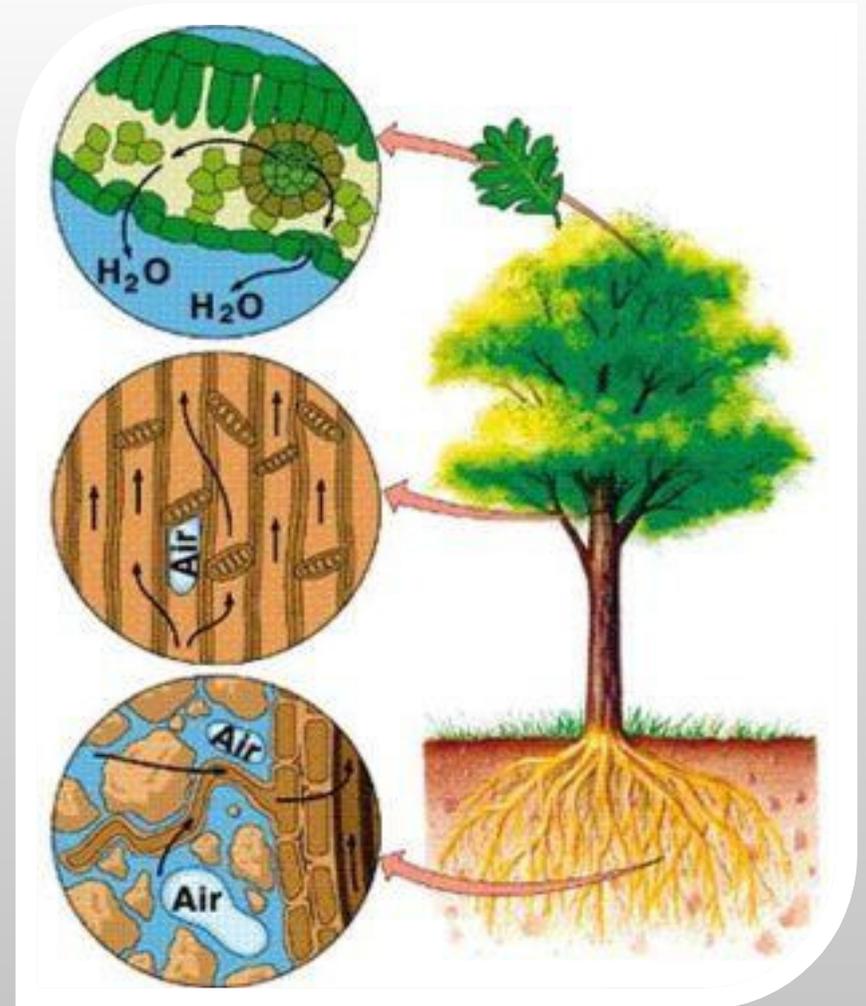


Figura 9. Esquematização do transporte de solutos através do Xilema. [6]

# Fundamentos Eletroquímicos

## Células Galvânicas

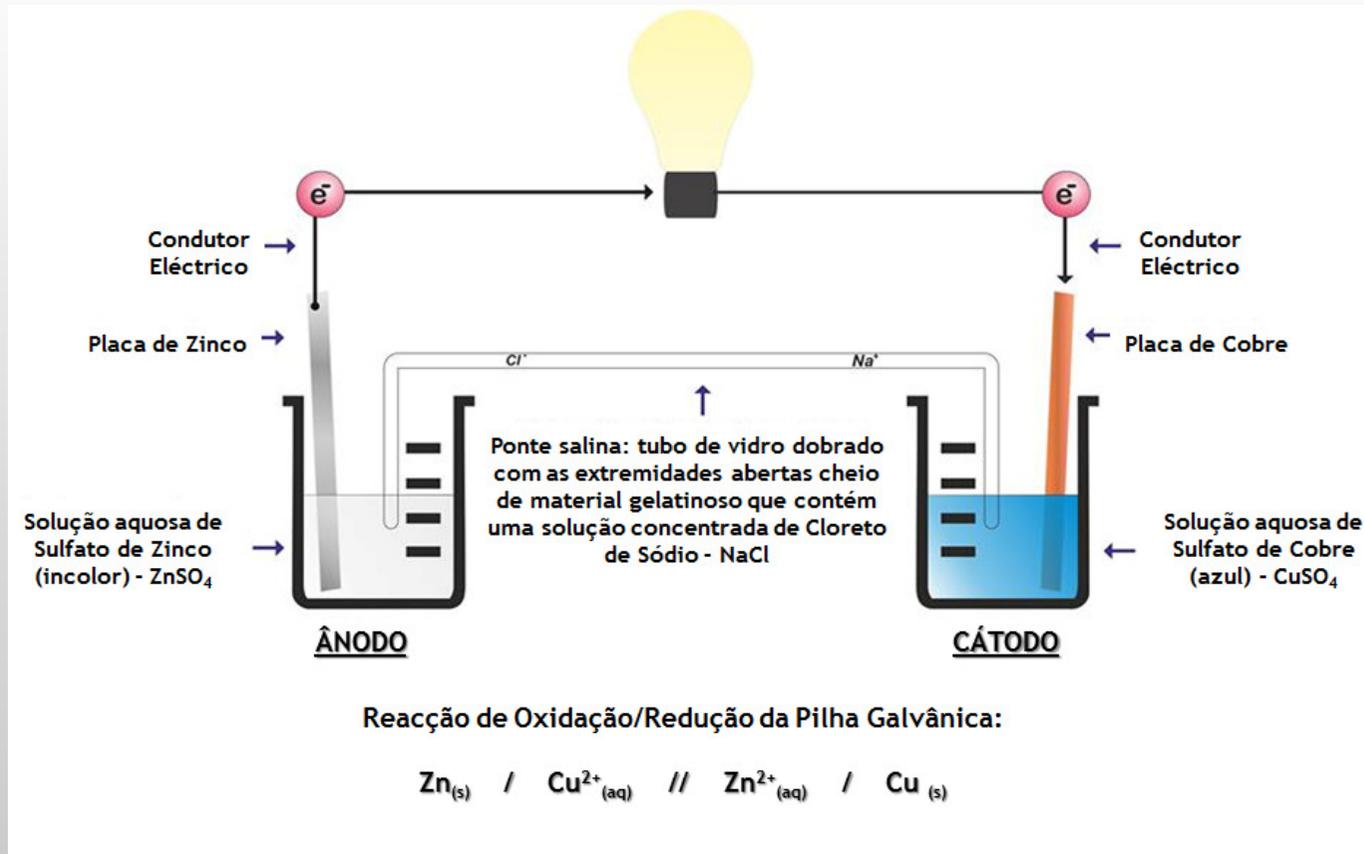


Figura 10. Esquematização de uma pilha galvânica.

Energia Química



Energia Eléctrica

## Maximum Power Point Tracking (MPPT)

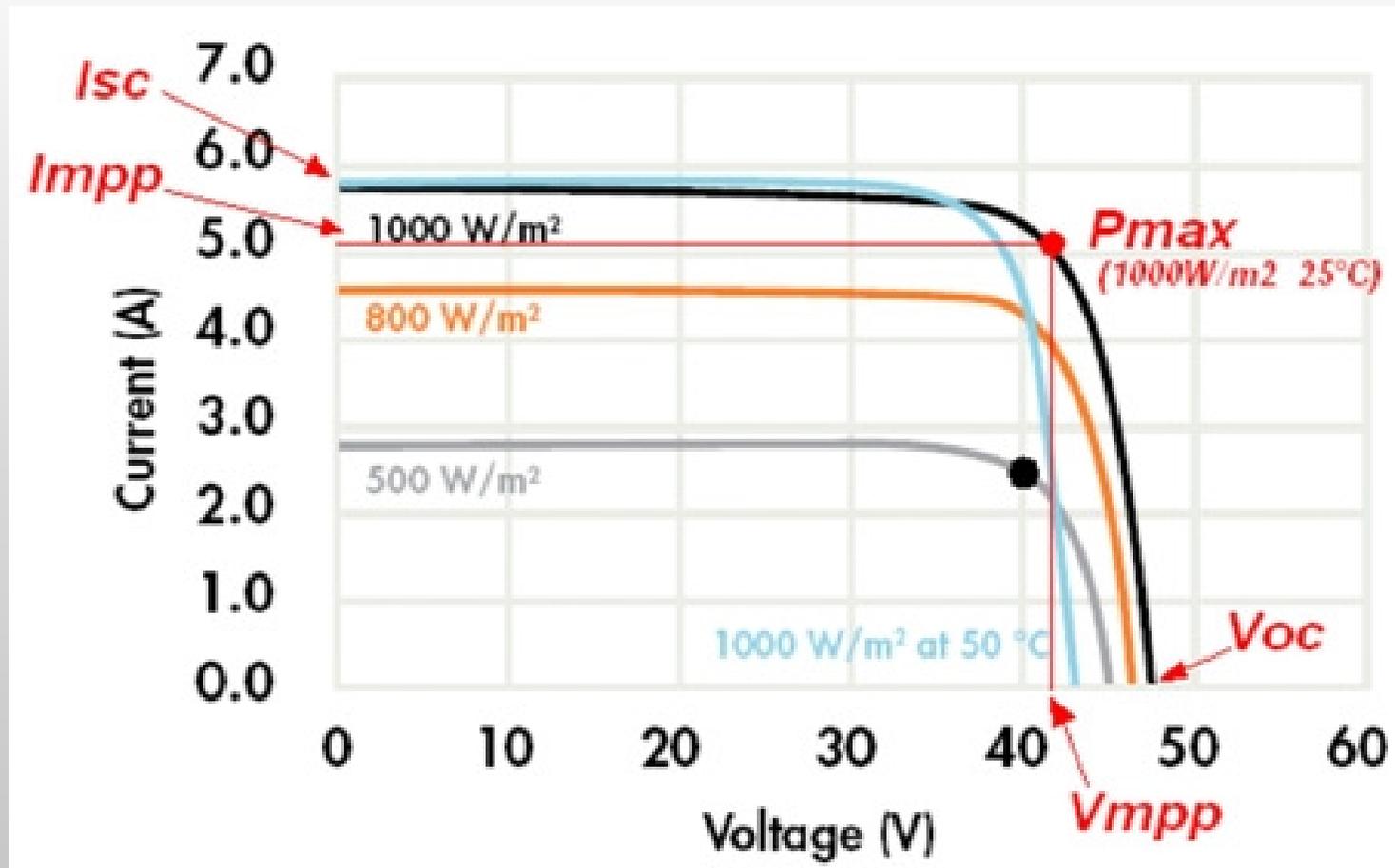


Figura 11. Curva característica IV. [7]

# Ensaio Experimentais

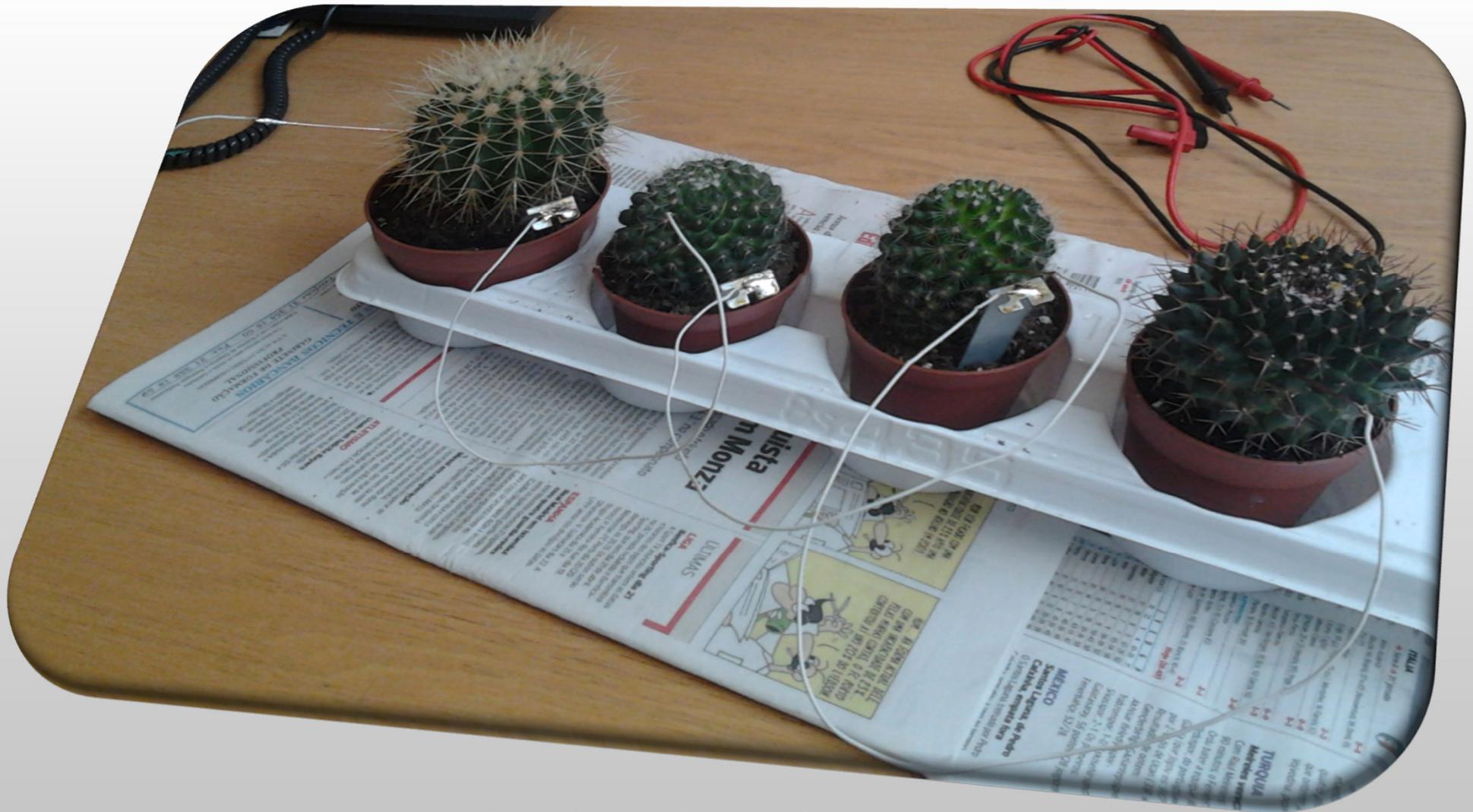


Figura 12. Fotografia da experiência realizada

# Ensaio Experimentais

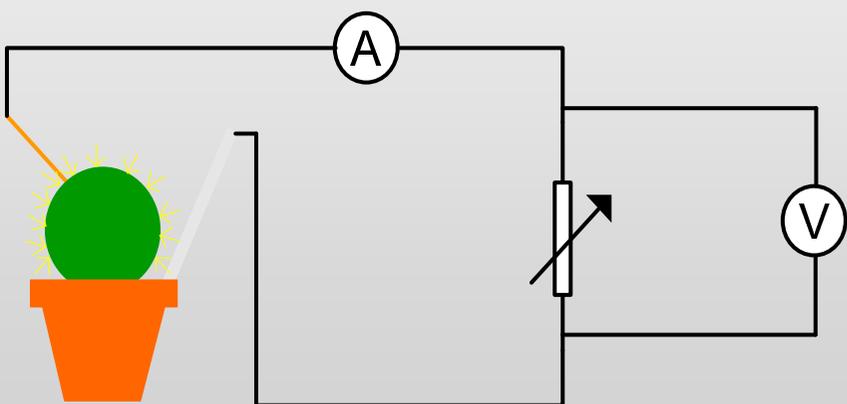
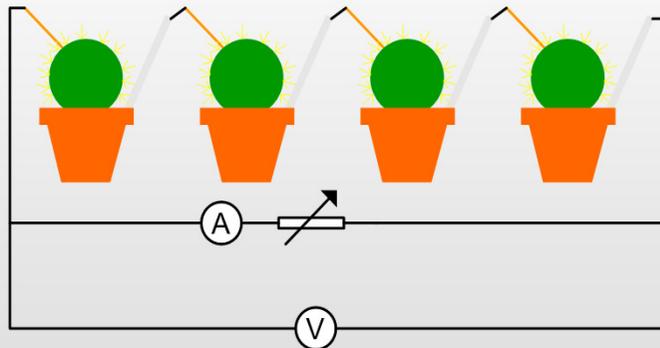


Figura 13. Circuito de medição individual.

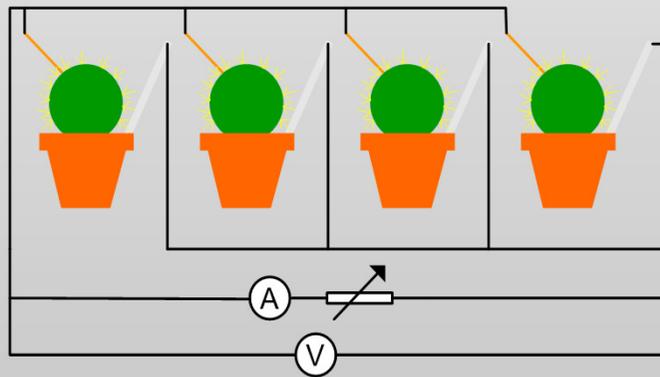
Tabela 1. Valores das medições efectuadas com os cactos em solo de constituição desconhecida.

	Tensão (V)	Corrente (mA)
<b>CACTO 1</b>	0,731	0,01
<b>CACTO 2</b>	0,699	0,01
<b>CACTO 3</b>	0,766	0,01
<b>CACTO 4</b>	0,735	0,01
<b>TOTAL</b>	2,888	0,01

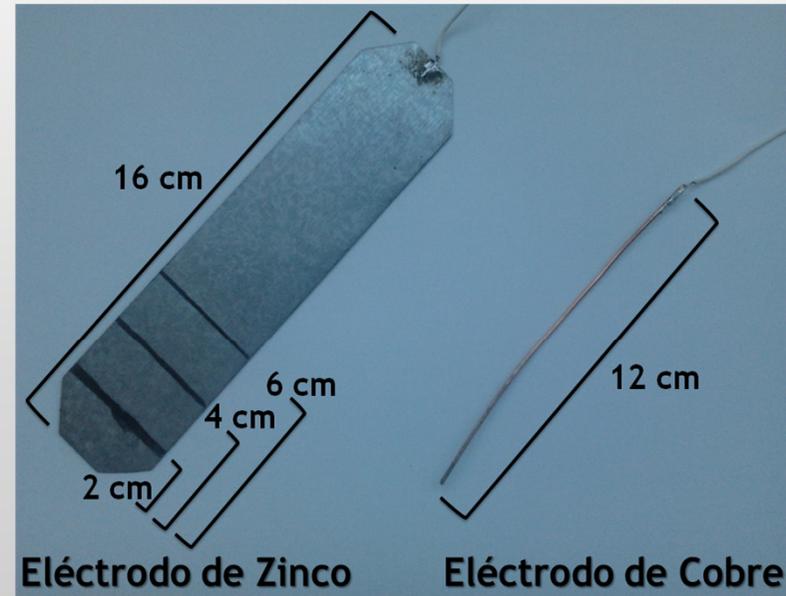
## Ensaio em Série vs. Paralelo



a)



b)



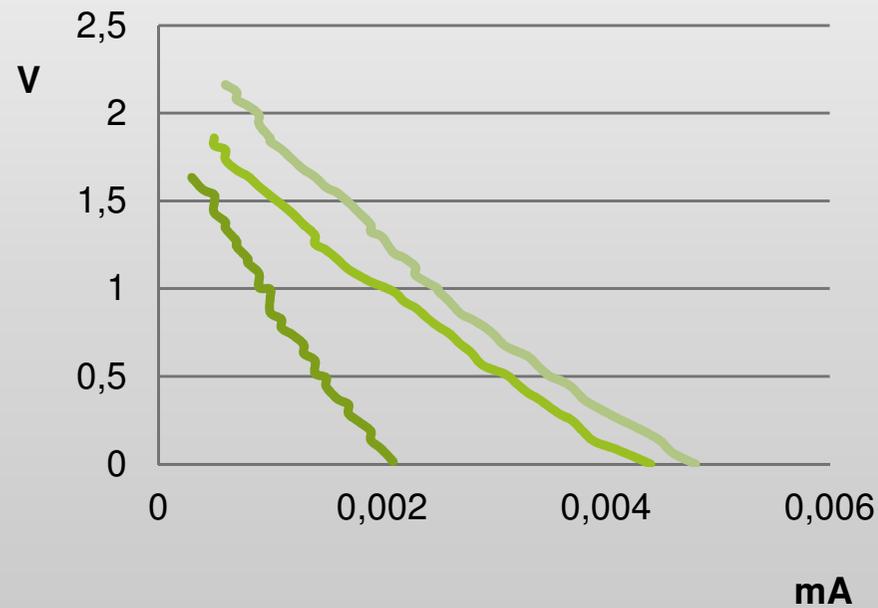
c)

Figura 14. a) Associação dos elementos em série (a) e paralelo (b). Eléctrodos utilizados (c).

## Resultados

### Série

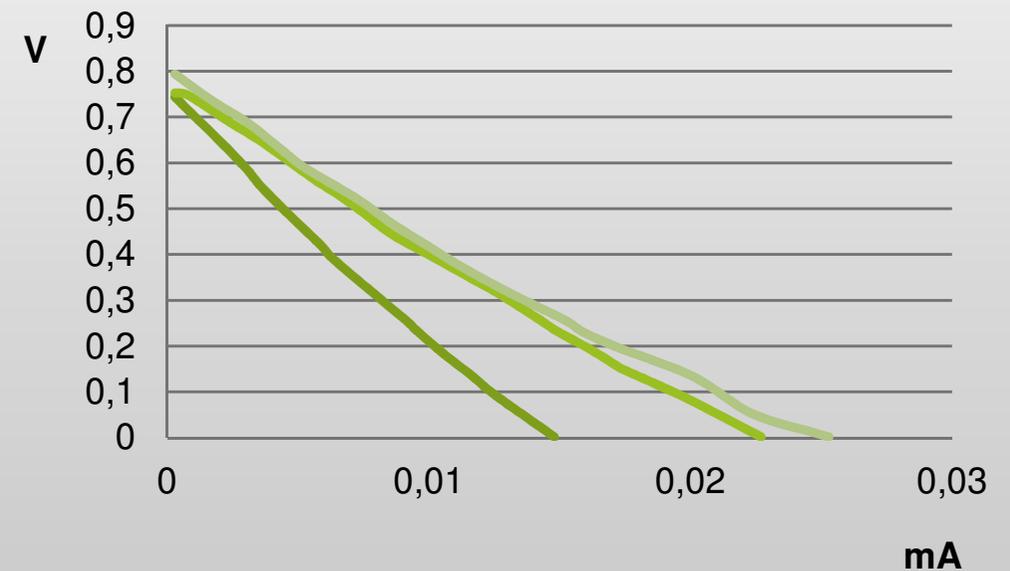
Tensão vs. Corrente



- eléctrodos pequenos com 8cm<sup>2</sup>
- eléctrodos médios com 16cm<sup>2</sup>
- eléctrodos grandes com 24cm<sup>2</sup>

### Paralelo

Tensão vs. Corrente

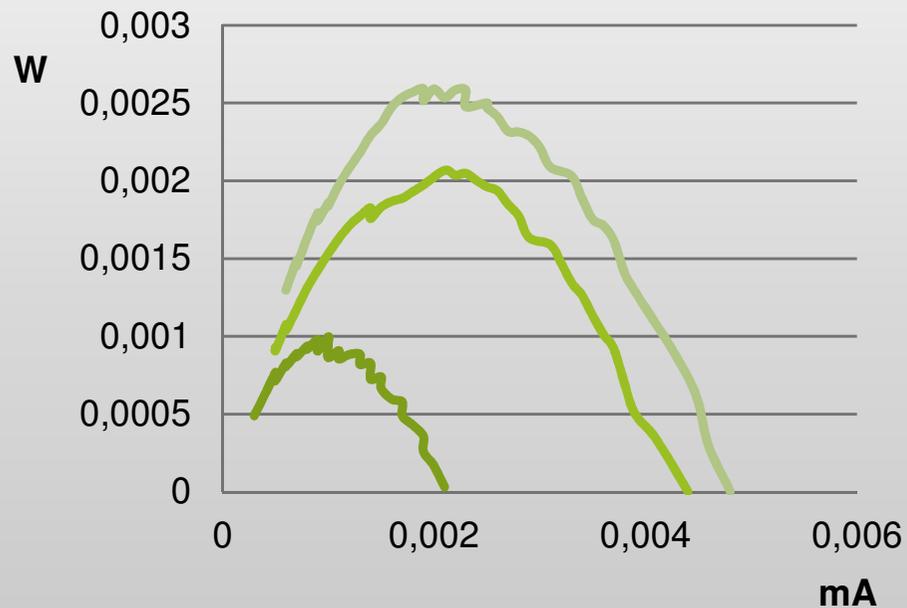


- eléctrodos pequenos com 8cm<sup>2</sup>
- eléctrodos médios com 16cm<sup>2</sup>
- eléctrodos grandes com 24cm<sup>2</sup>

## Resultados

### Série

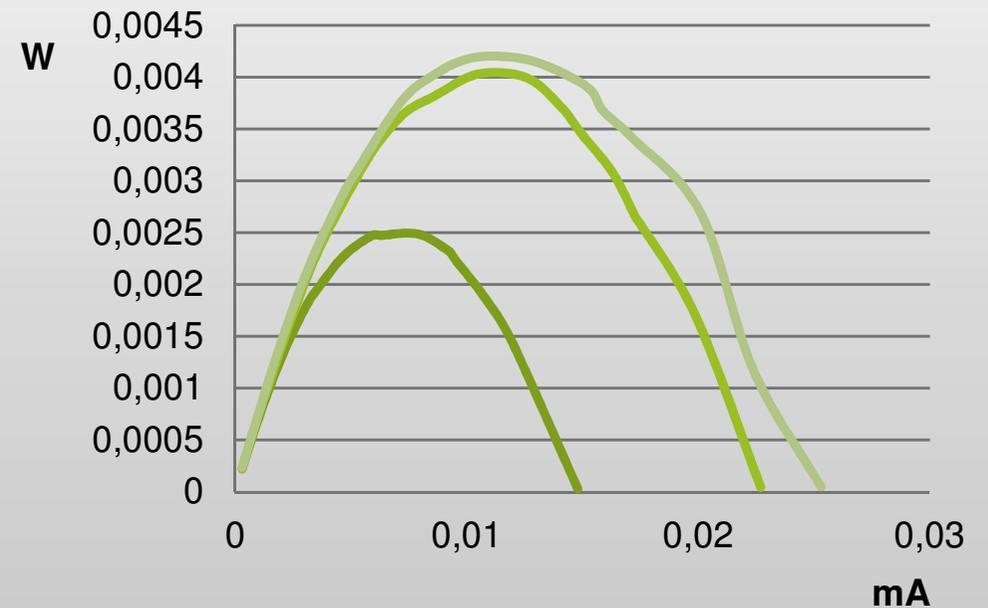
Tensão vs. Potencia



- eléctrodos pequenos com 8cm<sup>2</sup>
- eléctrodos médios com 16cm<sup>2</sup>
- eléctrodos grandes com 24cm<sup>2</sup>

### Paralelo

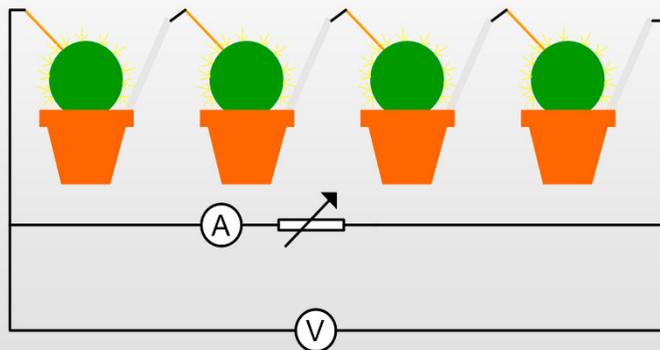
Tensão vs. Potencia



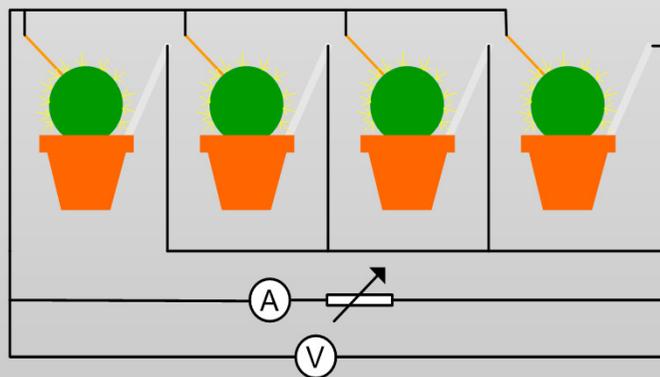
- eléctrodos pequenos com 8cm<sup>2</sup>
- eléctrodos médios com 16cm<sup>2</sup>
- eléctrodos grandes com 24cm<sup>2</sup>

# Ensaio Experimentais

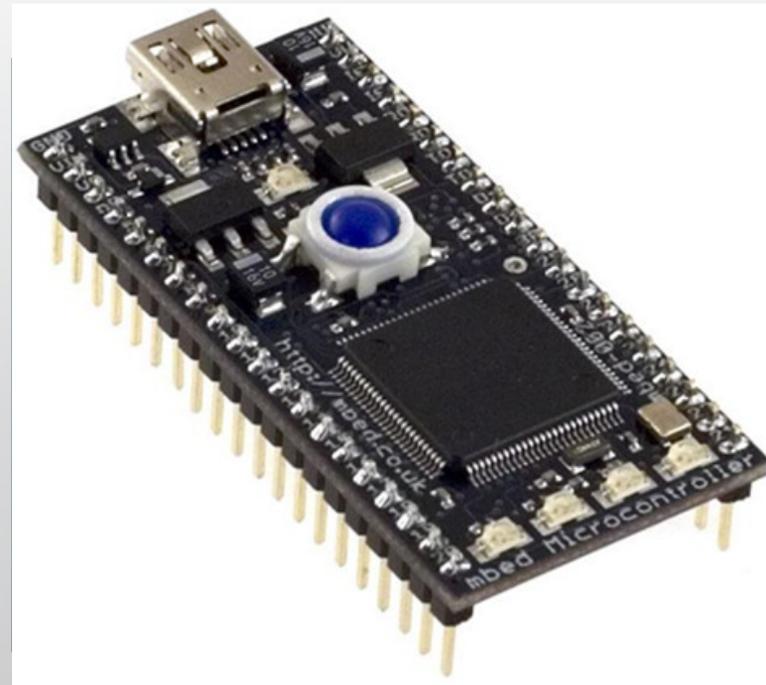
## Ensaio Diário em Série e em Paralelo com e sem Carga



a)



b)

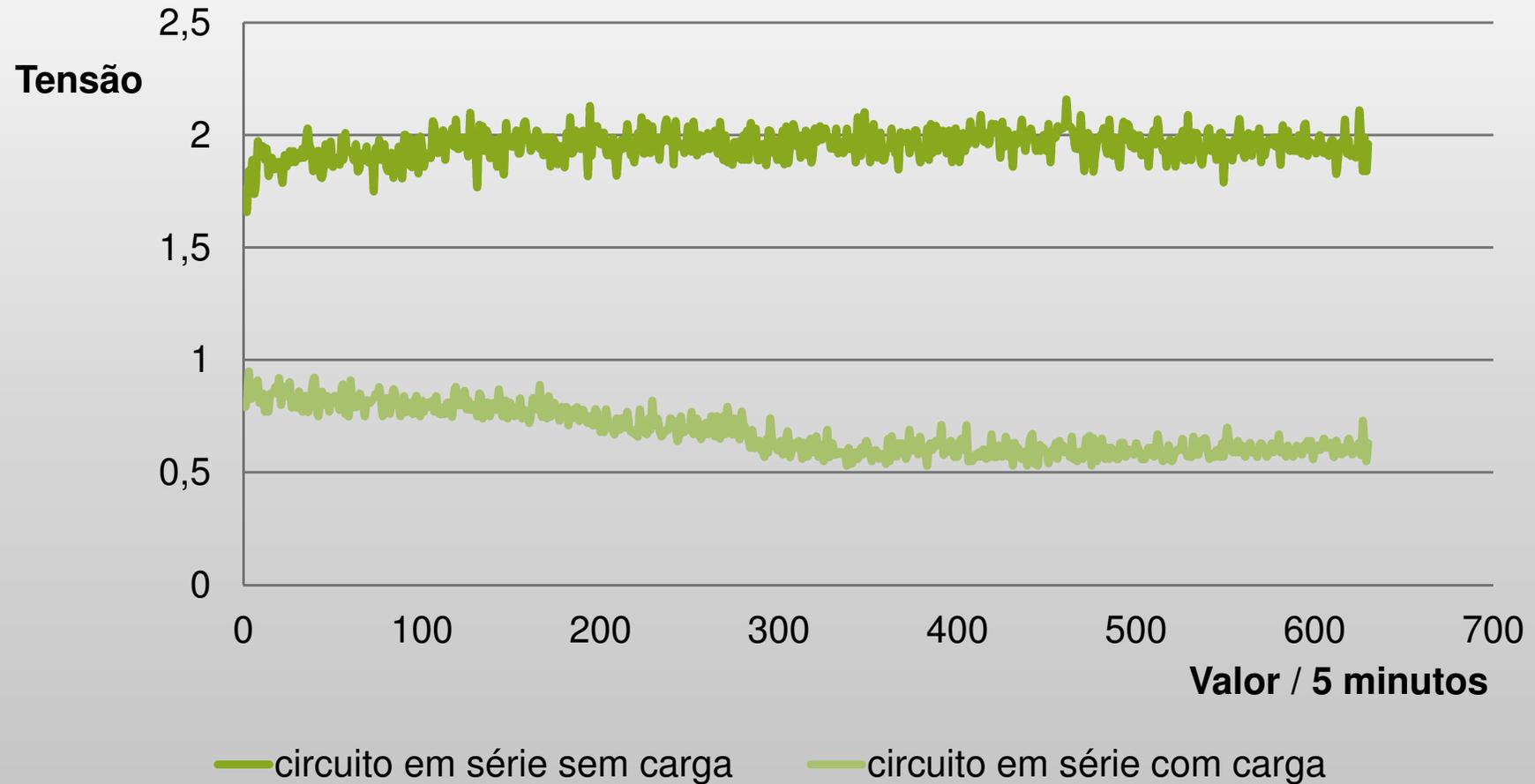


c)

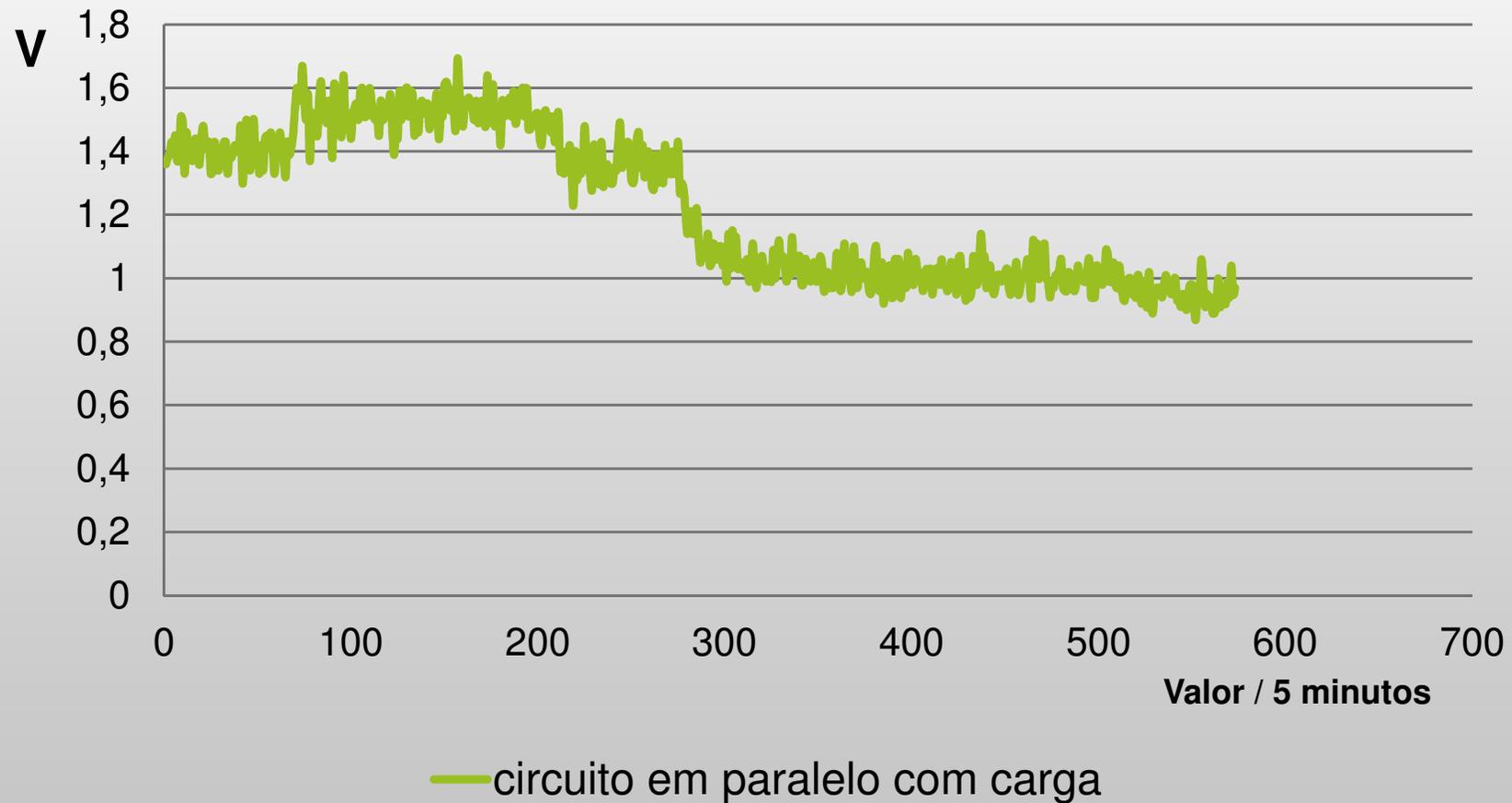
Figura 15. a) Associação dos elementos em série (a) e paralelo (b). MBED (c).

# Ensaio Experimentais

## Circuito em Série Com e Sem Carga



## Circuito em Paralelo Com Carga



# Perspetivas Futuras

A captação da energia é tanto maior quanto maior for a superfície de contacto entre os eléctrodos e as plantas e entre os eléctrodos e os cactos;

A partir do conceito de *MPPT* é possível otimizar-se o processo de recolha de energia;

Existe a possibilidade de alimentar dispositivos electrónicos de baixo consumo;

Futuramente pretende-se efectuar estudos e ensaios experimentais que permitam aplicar o conceito em casos reais.

# Referências

[1]

H. P. Bennetto, "Electricity generation by microorganisms," *Biotechnology Education*, vol. 1, pp. 163-168, 1990.

[2]

Z. Du, H. Li and T. Gu, "A state of the art review on microbial fuel cells: A promising technology for wastewater treatment and bioenergy," *Biotechnology Advances*, vol. 25, pp. 464-482, 2007

[3]

<http://biotic.no.sapo.pt/images/absorcaoraiz1.jpg>

[4]

<http://biotic.no.sapo.pt/images/sl.jpg>

[5]

[http://2.bp.blogspot.com/\\_v6uOZuoCvol/TDTE\\_u4t3XI/AAAAAAAAANc/KAu7lYU533Q/s1600/Imagem7\\_thumb%5B2%5D.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_v6uOZuoCvol/TDTE_u4t3XI/AAAAAAAAANc/KAu7lYU533Q/s1600/Imagem7_thumb%5B2%5D.jpg)

[6]

<http://img384.imageshack.us/img384/6044/htcaxi8.jpg>

[7]

[http://www.strumentazioneelettronica.it/images/stories/tecnologie/thumbnails/1005\\_HT\\_Curva\\_I-V\\_modulo\\_fotovoltaico.jpg](http://www.strumentazioneelettronica.it/images/stories/tecnologie/thumbnails/1005_HT_Curva_I-V_modulo_fotovoltaico.jpg)