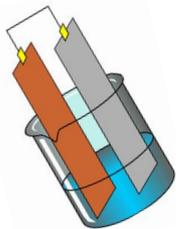
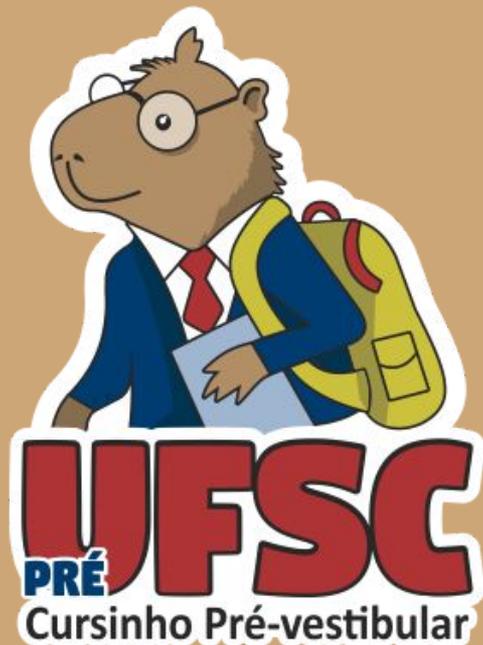


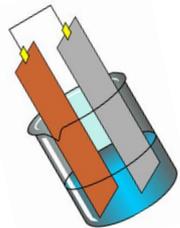
# Fundamentos de Eletroquímica



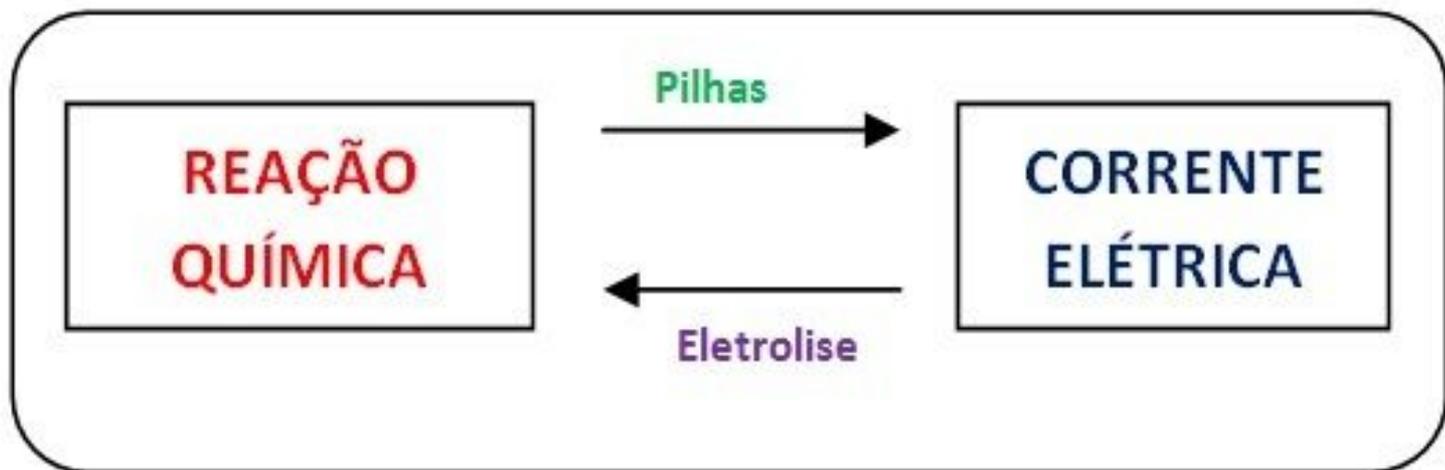
Kerolain Faoro Teixeira  
[kerol-kft03@hotmail.com](mailto:kerol-kft03@hotmail.com)  
Licencianda em Química



# Fundamentos de Eletroquímica



Parte da Química que estuda os fenômenos envolvidos na produção de corrente elétrica, a partir da transferência de elétrons em reações de oxirredução, e estuda também a utilização de corrente elétrica na produção dessas reações.



# *NOX: Número de Oxidação*

- Representa a carga elétrica dos átomos presentes em uma substância.
- Ligações iônicas: quantidade de elétrons que o átomo cedeu ou ganhou.
- Ligações covalentes: quantidade de elétrons que seria cedida ou recebida pelos átomos, se as ligações fossem rompidas e os elétrons ficassem com os átomos mais eletronegativos.
- Alguns elementos têm carga variável, de acordo com o tipo de ligação que fazem e também com os átomos aos quais estão ligados. Já outros têm carga fixa em determinadas situações.

| Elementos               | Situação   | NOX |
|-------------------------|--|-----|
| Metais alcalinos        | Em substâncias compostas                             | +1  |
| Metais alcalinoterrosos | Em substâncias compostas                             | +2  |
| Prata                   | Em substâncias compostas                             | +1  |
| Zinco                   | Em substâncias compostas                             | +2  |
| Alumínio                | Em substâncias compostas                             | +3  |
| Enxofre                 | Em sulfetos (quando o enxofre é mais eletronegativo) | -2  |

|            |   |          |
|------------|---|----------|
| Halogênios | Em haletos (quando o haleto é mais eletronegativo)              | -1       |
| Hidrogênio | Ligado a ametais (quando o hidrogênio é o menos eletronegativo) | +1       |
|            | Ligado a metais (quando o hidrogênio é o mais eletronegativo)   | -1       |
| Oxigênio   | Na maioria das substâncias compostas                            | -2       |
|            | Em peróxidos  | -1       |
|            | Em fluoretos  | +2 ou +1 |

**Tabela 1:** Número de oxidação de alguns elementos.

# Tabela Periódica dos Elementos

| 1<br>IA                                |                                     | Novo Original |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 18<br>VIIIA                      |                                       |                                 |                                     |   |                                      |   |                                      |                                       |  |  |                                       |  |                                     |                                    |                                      |                                       |                                     |  |                                      |                                      |                                     |  |                                    |   |                                      |                                    |                                    |                                    |  |                                       |                                     |                                    |  |                                       |                                       |                                     |                                       |                                      |  |                                     |                                      |                                       |                                      |                                      |                                      |                                     |                                       |   |                                      |                                     |                                       |                                       |                                     |                         |                                     |  |  |                                     |                                    |                                      |                                       |                                      |                                       |                                      |                                    |   |                                     |                                    |                                     |                                     |                                   |                        |  |                                     |  |                                    |                                     |                                       |   |   |  |   |  |   |  |   |  |
|--|-------------------------------------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--|-------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|---|--|---|--|---|--|
| 1<br><b>H</b><br>Hidrogênio<br>1.00784 | 2<br><b>He</b><br>Hélio<br>4.002602 |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3<br><b>Li</b><br>Lítio<br>6.941 | 4<br><b>Be</b><br>Berílio<br>9.012182 | 5<br><b>B</b><br>Boro<br>10.811 | 6<br><b>C</b><br>Carbono<br>12.0107 | 7<br><b>N</b><br>Nitrogênio<br>14.00674 | 8<br><b>O</b><br>Oxigênio<br>15.9994 | 9<br><b>F</b><br>Fluoreto<br>18.9984032 | 10<br><b>Ne</b><br>Neônio<br>20.1797 | 11<br><b>Na</b><br>Sódio<br>22.989770 | 12<br><b>Mg</b><br>Magnésio<br>24.3050 | 13<br><b>Al</b><br>Alumínio<br>26.981538 | 14<br><b>Si</b><br>Silício<br>28.0855 | 15<br><b>P</b><br>Fósforo<br>30.973761 | 16<br><b>S</b><br>Enxofre<br>32.066 | 17<br><b>Cl</b><br>Cloro<br>35.453 | 18<br><b>Ar</b><br>Argônio<br>39.948 | 19<br><b>K</b><br>Potássio<br>39.0983 | 20<br><b>Ca</b><br>Cálcio<br>40.078 | 21<br><b>Sc</b><br>Escândio<br>44.955910 | 22<br><b>Ti</b><br>Titânio<br>47.867 | 23<br><b>V</b><br>Vanádio<br>50.9415 | 24<br><b>Cr</b><br>Cromo<br>51.9961 | 25<br><b>Mn</b><br>Manganês<br>54.938049 | 26<br><b>Fe</b><br>Ferro<br>55.845 | 27<br><b>Co</b><br>Cobalto<br>58.933200 | 28<br><b>Ni</b><br>Níquel<br>58.6934 | 29<br><b>Cu</b><br>Cobre<br>63.546 | 30<br><b>Zn</b><br>Zinco<br>65.409 | 31<br><b>Ga</b><br>Gálio<br>69.723 | 32<br><b>Ge</b><br>Germanínio<br>72.64 | 33<br><b>As</b><br>Arsênio<br>74.9216 | 34<br><b>Se</b><br>Selênio<br>78.96 | 35<br><b>Br</b><br>Bromo<br>79.904 | 36<br><b>Kr</b><br>Criptônio<br>83.798 | 37<br><b>Rb</b><br>Rubídio<br>85.4678 | 38<br><b>Sr</b><br>Estrôncio<br>87.62 | 39<br><b>Y</b><br>Ítrio<br>88.90585 | 40<br><b>Zr</b><br>Zircônio<br>91.224 | 41<br><b>Nb</b><br>Níbio<br>92.90538 | 42<br><b>Mo</b><br>Molibdênio<br>95.94 | 43<br><b>Tc</b><br>Técnetio<br>(98) | 44<br><b>Ru</b><br>Rútenio<br>101.07 | 45<br><b>Rh</b><br>Ródio<br>102.90550 | 46<br><b>Pd</b><br>Paládio<br>106.42 | 47<br><b>Ag</b><br>Prata<br>107.8682 | 48<br><b>Cd</b><br>Cádmio<br>112.411 | 49<br><b>In</b><br>Índio<br>114.818 | 50<br><b>Sn</b><br>Estanho<br>118.710 | 51<br><b>Sb</b><br>Antimônio<br>121.760 | 52<br><b>Te</b><br>Telúrio<br>127.60 | 53<br><b>I</b><br>Iodo<br>126.90447 | 54<br><b>Xe</b><br>Xenônio<br>131.293 | 55<br><b>Cs</b><br>Césio<br>132.90545 | 56<br><b>Ba</b><br>Bário<br>137.327 | 57 to 71<br>Lantânídeos | 72<br><b>Hf</b><br>Háfnio<br>178.49 | 73<br><b>Ta</b><br>Tântalo<br>180.9479 | 74<br><b>W</b><br>Tungstênio<br>183.84 | 75<br><b>Re</b><br>Rênio<br>186.207 | 76<br><b>Os</b><br>Osmio<br>190.23 | 77<br><b>Ir</b><br>Írídio<br>192.217 | 78<br><b>Pt</b><br>Platina<br>195.078 | 79<br><b>Au</b><br>Ouro<br>196.96655 | 80<br><b>Hg</b><br>Mercúrio<br>200.59 | 81<br><b>Tl</b><br>Tálio<br>204.3833 | 82<br><b>Pb</b><br>Chumbo<br>207.2 | 83<br><b>Bi</b><br>Bismuto<br>208.98038 | 84<br><b>Po</b><br>Polônio<br>(209) | 85<br><b>At</b><br>Astato<br>(210) | 86<br><b>Rn</b><br>Radônio<br>(222) | 87<br><b>Fr</b><br>Frâncio<br>(223) | 88<br><b>Ra</b><br>Rádio<br>(226) | 89 to 103<br>Atinídeos | 104<br><b>Rf</b><br>Rúterfóio<br>(261) | 105<br><b>Db</b><br>Dúbnio<br>(262) | 106<br><b>Sg</b><br>Seabórgio<br>(266) | 107<br><b>Bh</b><br>Bório<br>(264) | 108<br><b>Hs</b><br>Háscio<br>(269) | 109<br><b>Mt</b><br>Moscúvio<br>(268) | 110<br><b>Ds</b><br>Darmstádio<br>(271) | 111<br><b>Rg</b><br>Roentgênio<br>(272) | 112<br><b>Uub</b><br>Ununbium<br>(285) | 113<br><b>Uut</b><br>Ununtrium<br>(284) | 114<br><b>Uuq</b><br>Ununquímio<br>(289) | 115<br><b>Uup</b><br>Ununpentium<br>(288) | 116<br><b>Uuh</b><br>Ununhexium<br>(292) | 117<br><b>Uus</b><br>Ununseptium<br>(293) | 118<br><b>Uuo</b><br>Ununoctium<br>(294) |

Massas atômicas em parênteses são aquelas do isótopo mais estável ou comum.

Directos authors de design © 1997 [www.dayan.com](http://www.dayan.com) [info@dayan.com](mailto:info@dayan.com)

Nota: Os números de subgrupo 1-18 foram adotados em 1984 pela International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada). Os nomes dos elementos 112-118 são os equivalentes latinos desses números.

|   |                                      |   |                                       |                                      |                                      |                                       |  |  |   |   |                                       |   |                                      |  |
|---|--------------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|---|---|---------------------------------------|---|--------------------------------------|--|
| 57<br><b>La</b><br>Lantânio<br>138.9055 | 58<br><b>Ce</b><br>Cério<br>140.116  | 59<br><b>Pr</b><br>Praseodímio<br>140.90765 | 60<br><b>Nd</b><br>Neodímio<br>144.24 | 61<br><b>Pm</b><br>Promécio<br>(145) | 62<br><b>Sm</b><br>Samarco<br>150.36 | 63<br><b>Eu</b><br>Európio<br>151.964 | 64<br><b>Gd</b><br>Gadolínio<br>157.25 | 65<br><b>Tb</b><br>Térbio<br>158.92534 | 66<br><b>Dy</b><br>Díscridio<br>162.500 | 67<br><b>Ho</b><br>Hólmio<br>164.93032  | 68<br><b>Er</b><br>Erbólio<br>167.259 | 69<br><b>Tm</b><br>Tulio<br>168.93421   | 70<br><b>Yb</b><br>Ítalo<br>173.04   | 71<br><b>Lu</b><br>Lutécio<br>174.967  |
| 89<br><b>Ac</b><br>Actínio<br>(227)     | 90<br><b>Th</b><br>Tório<br>232.0381 | 91<br><b>Pa</b><br>Protactínio<br>231.03688 | 92<br><b>U</b><br>Urânio<br>238.02891 | 93<br><b>Np</b><br>Netúnio<br>(237)  | 94<br><b>Pu</b><br>Plutônio<br>(244) | 95<br><b>Am</b><br>Americó<br>(243)   | 96<br><b>Cm</b><br>Cúrio<br>(247)      | 97<br><b>Bk</b><br>Berkelóio<br>(247)  | 98<br><b>Cf</b><br>Califórnio<br>(251)  | 99<br><b>Es</b><br>Einsteinóio<br>(252) | 100<br><b>Fm</b><br>Férmio<br>(257)   | 101<br><b>Md</b><br>Mendelévio<br>(258) | 102<br><b>No</b><br>Nóbólio<br>(259) | 103<br><b>Lr</b><br>Lawrénóio<br>(262) |

# Calculando o NOX das substâncias

- Substâncias simples NOX = 0 (sem diferença de eletronegatividade)  
Ex: Cl<sub>2</sub> ; Fe ; O<sub>3</sub>
- Moléculas Neutras: Somatório do Nox deve ser igual a 0  
Ex: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ; KMnO<sub>4</sub>
- Moléculas Carregadas : O somatório do NOX é igual a carga  
Ex: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (íon nitrato)                      PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (íon fosfato)

# O processo de Oxiredução

*Elétrons perdidos pela espécie que está sendo oxidada são transferidos para a espécie que está sendo reduzida.*

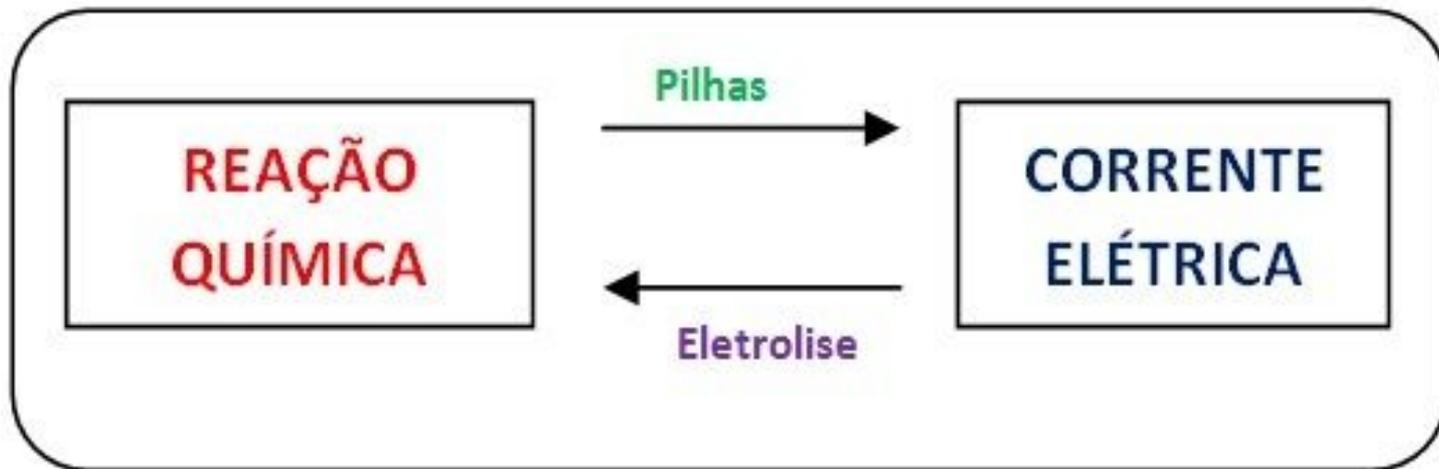
Oxidação: espécie perde elétrons NOX aumenta

Redução: espécie recebe elétrons NOX diminui

As espécies que sofrem oxidação são chamadas de agente redutor.

As espécies que sofrem redução de agente oxidante.

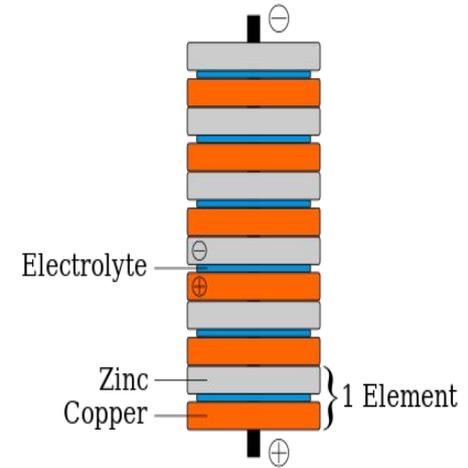
$ddp > 0$



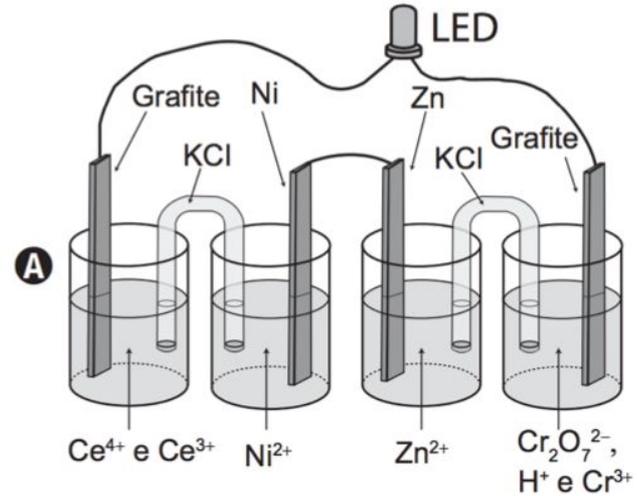
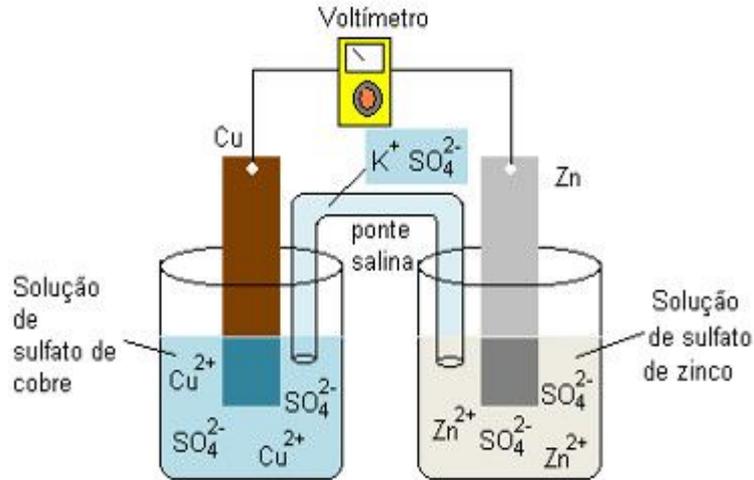
$ddp < 0$

# 1. Pilhas

- Energia química produz uma corrente elétrica
- Processo espontâneo
- $ddp > 0$
- Pilha de Alessandro Volta
- Células galvânicas (dispositivos)



# Pilha de Daniell



|   |  |
|---|--|
| $\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li (s)}$           | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = -3,04 \text{ V}$ |
| $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn (s)}$       | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = -0,76 \text{ V}$ |
| $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \text{ (g)}$ | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = 0,00 \text{ V}$  |
| $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag (s)}$           | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = +0,80 \text{ V}$ |
| $\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{F}^-$            | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = +2,89 \text{ V}$ |
| $\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K (s)}$             | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = -2,94 \text{ V}$ |
| $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb (s)}$       | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = -0,13 \text{ V}$ |
| $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu (s)}$       | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = +0,34 \text{ V}$ |
| $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-$          | $\varepsilon^\circ_{\text{red}} = +1,36 \text{ V}$ |

A calda bordalesa é uma alternativa empregada no combate a doenças que afetam folhas de plantas. Sua produção consiste na mistura de uma solução aquosa de sulfato de cobre (II),  $\text{CuSO}_4$ , com óxido de Cálcio,  $\text{CaO}$ , e sua aplicação só deve ser realizada se estiver levemente básica. A avaliação rudimentar da basicidade dessa solução é realizada pela adição de três gotas sobre uma faca de ferro limpa. Após três minutos, caso surja uma mancha avermelhada no local da aplicação, afirma-se que a calda bordalesa ainda não está com a basicidade necessária. O quadro apresenta os valores de potenciais padrão de redução ( $E^\circ$ ) para algumas semirreações de redução.

| Semirreação de redução                            | $E^\circ$ (V) |
|---|---------------|
| $\text{Ca}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Ca}$    | -2,87         |
| $\text{Fe}^{3+} + 3 e^- \rightarrow \text{Fe}$    | -0,04         |
| $\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}$    | +0,34         |
| $\text{Cu}^+ + e^- \rightarrow \text{Cu}$         | +0,52         |
| $\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ | +0,77         |

MOTTA, I. S. Calda bordalesa: utilidades e preparo. Dourados: Embrapa, 2008 (adaptado).

A equação química que representa a reação de formação da mancha avermelhada é:

- A)  $\text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{Cu}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{s}) + 2 \text{Cu}^{2+} (\text{aq})$ .
- B)  $\text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{Fe}^{2+} (\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{s}) + 2 \text{Fe}^{3+} (\text{aq})$ .
- C)  $\text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{Fe}^{2+} (\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + 2 \text{Fe}^{3+} (\text{aq})$ .
- D)  $3 \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{Fe}(\text{s}) \rightarrow 3\text{Ca}(\text{s}) + 2 \text{Fe}^{3+} (\text{aq})$ .
- E)  $3\text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{Fe}(\text{s}) \rightarrow 3\text{Cu}(\text{s}) + 2 \text{Fe}^{3+} (\text{aq})$ .

## QUESTÃO 64

### TEXTO I

Biocélulas combustíveis são uma alternativa tecnológica para substituição das baterias convencionais. Em uma biocélula microbiológica, bactérias catalisam reações de oxidação de substratos orgânicos. Liberam elétrons produzidos na respiração celular para um eletrodo, onde fluem por um circuito externo até o cátodo do sistema, produzindo corrente elétrica. Uma reação típica que ocorre em biocélulas microbiológicas utiliza o acetato como substrato.

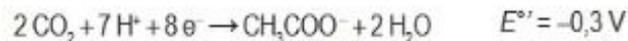
AQUINO NETO, S. Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula a combustível etanol/O<sub>2</sub>. Disponível em: [www.leses.usp.br](http://www.leses.usp.br). Acesso em: 23 jun. 2015 (adaptado).

Nessas condições, qual é o número mínimo de biocélulas de acetato, ligadas em série, necessárias para se obter uma diferença de potencial de 4,4 V?

- A 3
- B 4
- C 6
- D 9
- E 15

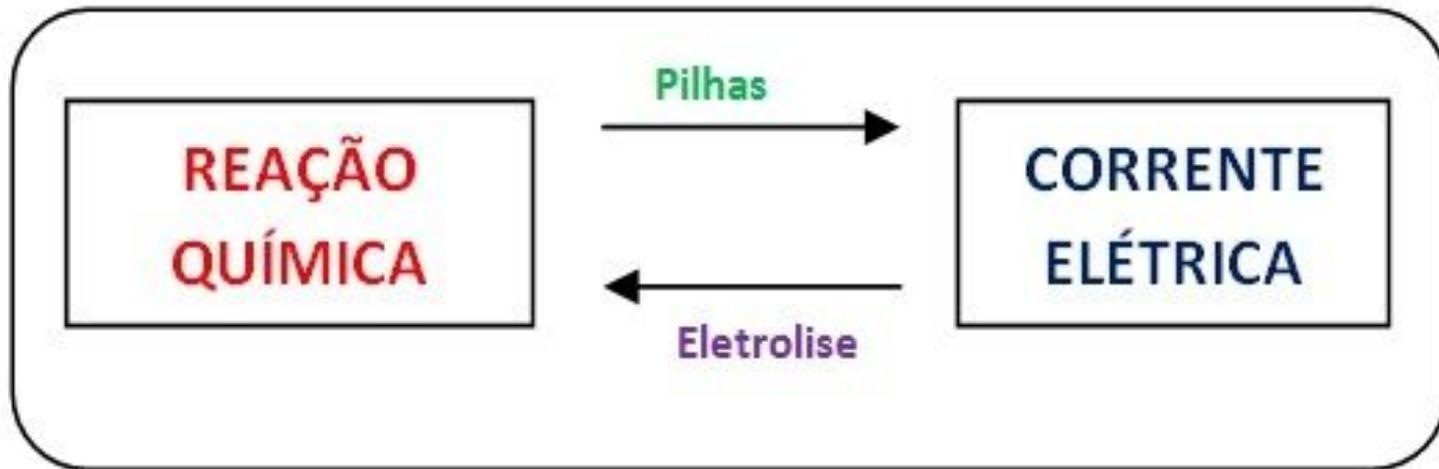
### TEXTO II

Em sistemas bioeletroquímicos, os potenciais padrão ( $E^\circ$ ) apresentam valores característicos. Para as biocélulas de acetato, considere as seguintes semirreações de redução e seus respectivos potenciais:



SCOTT, K.; YU, E. H. Microbial electrochemical and fuel cells: fundamentals and applications. Woodhead Publishing Series in Energy, n. 88, 2016 (adaptado).

$ddp > 0$



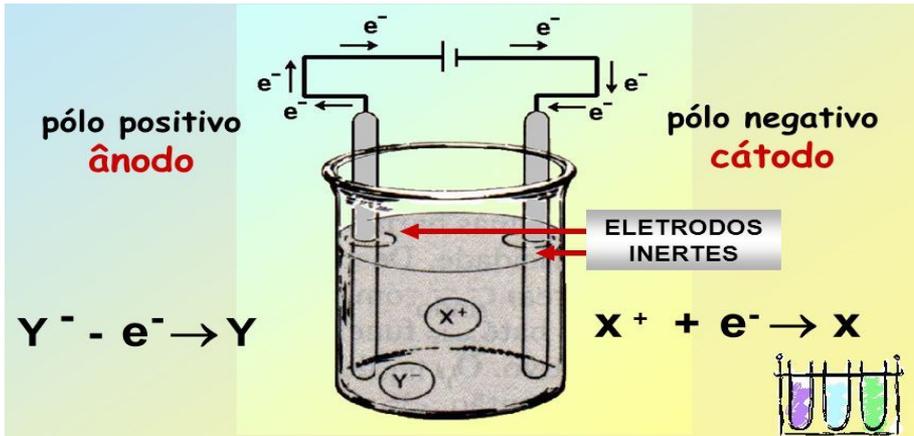
$ddp < 0$

## 2. Eletrólise

- Células eletrolíticas são os dispositivos em que acontece o processo de eletrólise
- Energia elétrica para forçar reações químicas
- Reações não são espontâneas
- $ddp < 0$
- O arranjo das células eletrolíticas  $\neq$  arranjo das células galvânicas

## 2. Eletrólise

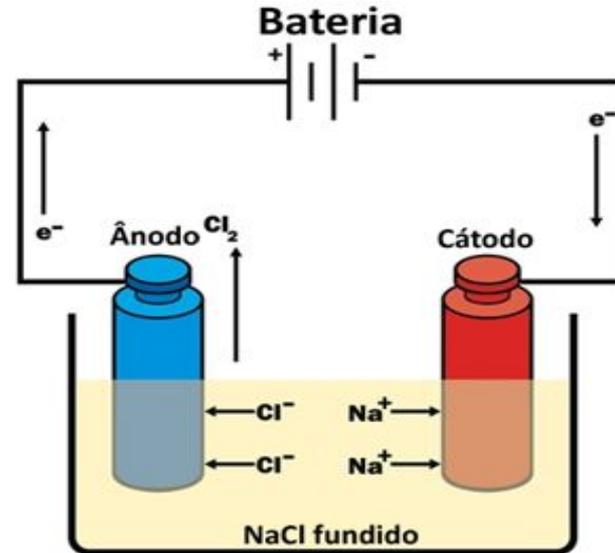
- Os dois eletrodos são inseridos no mesmo compartimento, juntamente com o eletrólito.



**Eletrólitos:** substâncias que dissociadas ou ionizadas originam íons e são capazes de conduzir eletricidade.

## 2.1 Eletrólise Ígnea

- Sem água
- Composto fundido



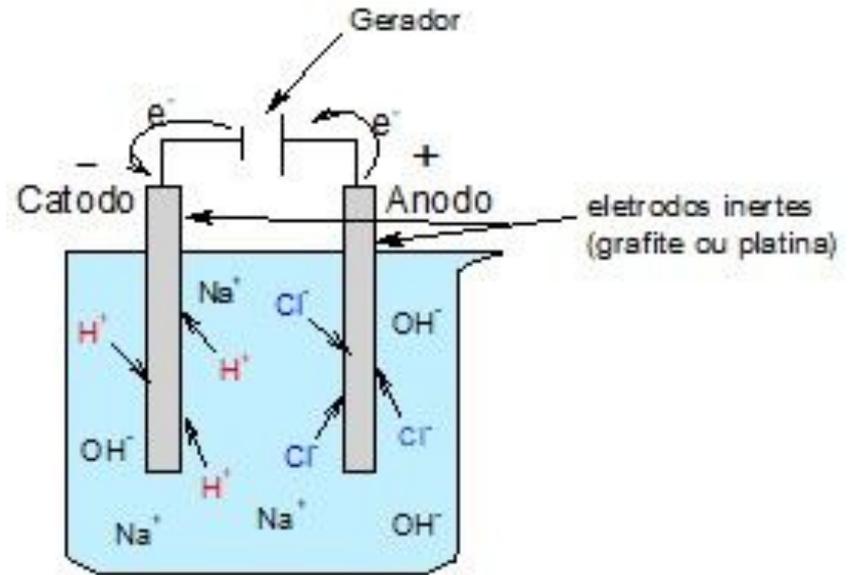
↑  
 AUMENTA O CARÁTER REDUTOR

| Potenciais de oxidação ( $E^{\circ}_{ox}$ ), em volt |  | Potenciais de redução ( $E^{\circ}_{red}$ ), em volt |
|--|--|--|
| + 3,04   | $Li^+ + 1e \rightleftharpoons Li^{\circ}$            | -3,04  |
| + 2,87   | $Ca^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ca^{\circ}$         | -2,87  |
| + 2,71   | $Na^+ + 1e \rightleftharpoons Na^{\circ}$            | -2,71  |
| + 2,36   | $Mg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mg^{\circ}$         | -2,36  |
| + 1,66   | $Al^{3+} + 3e \rightleftharpoons Al^{\circ}$         | -1,66  |
| + 0,76   | $Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn^{\circ}$         | -0,76  |
| + 0,44   | $Fe^{2+} + 2e \rightleftharpoons Fe^{\circ}$         | -0,44  |
| + 0,28   | $Co^{2+} + 2e \rightleftharpoons Co^{\circ}$         | -0,28  |
| + 0,25   | $Ni^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ni^{\circ}$         | -0,25  |
| + 0,14   | $Sn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sn^{\circ}$         | -0,14  |
| + 0,13   | $Pb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pb^{\circ}$         | -0,13  |
| <b>0,00</b>  | <b><math>2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2</math></b> | <b>0,00</b>  |
| -0,34  | $Cu^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cu^{\circ}$         | +0,34  |
| -0,80  | $Ag^+ + e \rightleftharpoons Ag^{\circ}$             | +0,80  |
| -0,85  | $Hg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Hg^{\circ}$         | +0,85  |
| -1,07  | $Br_2 + 2e \rightleftharpoons 2Br^-$                 | +1,07  |
| -1,36  | $Cl_2 + 2e \rightleftharpoons 2Cl^-$                 | +1,36  |
| -1,50  | $Au^{3+} + 3e \rightleftharpoons Au^{\circ}$         | +1,50  |
| -2,87  | $F_2 + 2e \rightleftharpoons 2F^-$                   | +2,87  |

↓  
 AUMENTA O CARÁTER OXIDANTE

## 2.1 Eletrólise Aquosa

- Água
- Composto fundido
- "Concorrência"
- Preferência na redução  
 $1A | 2A | Al < H^+ < \text{resto}$
- Preferência na oxidação  
 $F^- < \text{Ânions oxigenados} < OH^- < \text{resto}$



Ordem decrescente de  
facilidade de descarga de  
cátions

- Au<sup>3+</sup>
- Pt<sup>2+</sup>
- Hg<sup>2+</sup>
- Ag<sup>1+</sup>
- Cu<sup>2+</sup>
- Ni<sup>2+</sup> Demais metais
- Cd<sup>2+</sup>
- Pb<sup>2+</sup>
- Fe<sup>2+</sup>
- Zn
- Mn<sup>2+</sup>
- H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ou H<sup>+</sup>
- Al<sup>3+</sup> Alumínio
- Mg<sup>2+</sup>
- Na<sup>+</sup>
- Ca<sup>2+</sup> Metais alcalinoterrosos
- Ba<sup>2+</sup>
- K<sup>+</sup>
- Li<sup>+</sup> Metais alcalinos
- Cs<sup>+</sup>

Ordem decrescente de  
facilidade de descarga  
de ânions

- Cl<sup>-</sup>
- Br<sup>-</sup>
- I<sup>-</sup> Ânions não oxigenados e o hidrogenossulfato
- HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>
- OH<sup>-</sup>
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> Ânions oxigenados e o fluoreto
- ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- F<sup>-</sup>

Dissociação do NaCl:  $2 \text{NaCl} \rightarrow 2 \text{Na}^+ + 2 \text{Cl}^-$

Autoionização da água:  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{OH}^-$

Semirreação no cátodo:  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

Semirreação no ânodo:  $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$

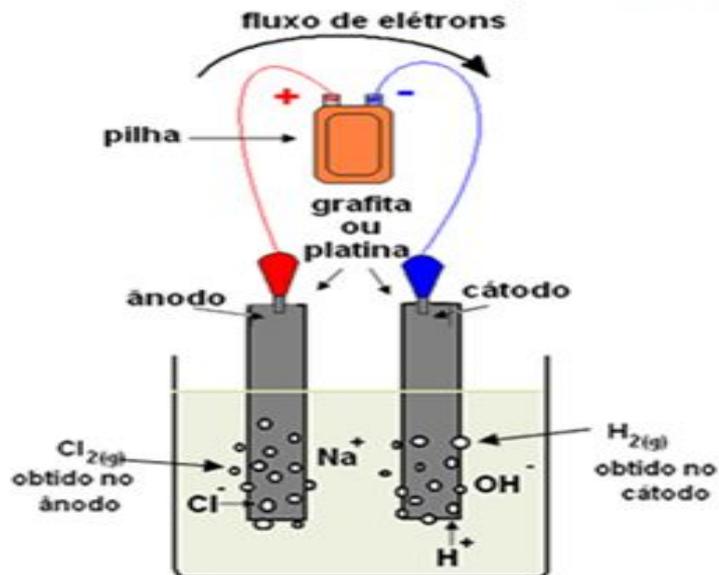
Reação global:  $2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Na}^+ + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

ou

Reação global:  $2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

Solução

cátodo ânodo |



# Pilha

Redução - cátodo - polo +

Oxidação - ânodo - polo -

Inverter a reação com o menor potencial de redução

ddp positiva

espontâneo

# Eletrólise

Redução - cátodo - polo -

Oxidação - ânodo - polo +

Inverter a reação com o maior potencial de redução

ddp negativa

não espontâneo

# Pilha

Processo espontâneo

Transforma energia química em elétrica

Ânodo → polo negativo

Cátodo → polo positivo

# Eletrólise

Processo não espontâneo

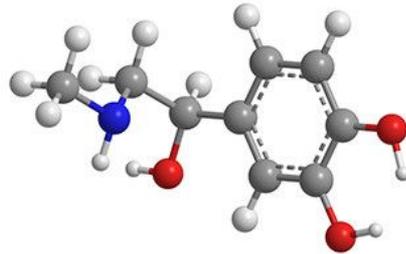
Transforma energia elétrica em química

Ânodo → polo positivo

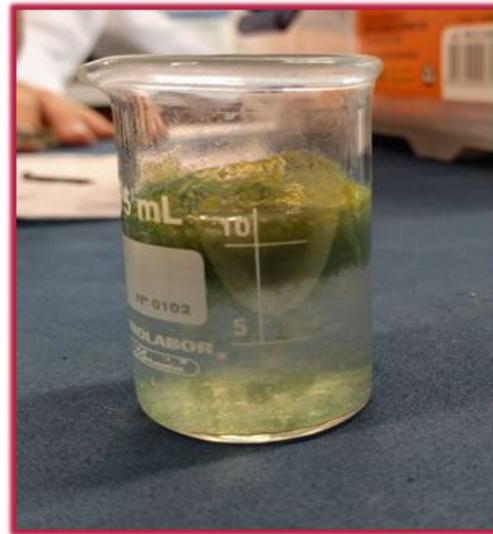
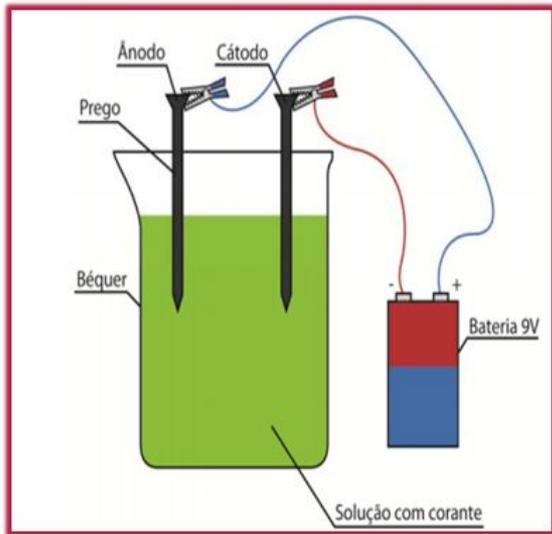
Cátodo → polo negativo



# Experimento



# Eletrofloculação

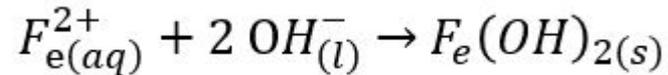


# Questionário

- 1) Explique como ocorre a formação da “lama” em solução e também apresente a equação química envolvida neste fenômeno.
- 2) Identifique o ânodo e o cátodo da pilha. Quem é o agente redutor e quem é o agente oxidante?
- 3) Apresente as semirreações (cátodo e ânodo), reação global da pilha e identifique a espontaneidade da reação.

1) Explique como ocorre a formação da “lama” em solução e também apresente a equação química envolvida neste fenômeno

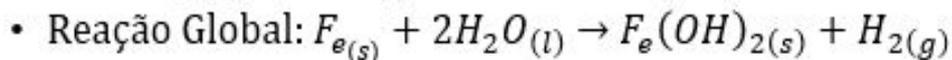
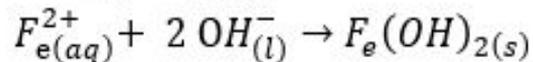
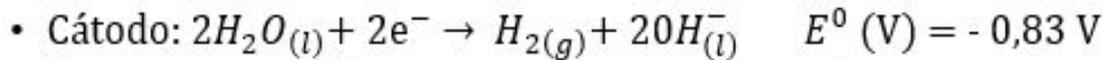
A “lama” é formada ao redor do ânodo quando o ferro fica deficiente de elétrons (oxidação) e reage com as hidroxilas do meio formando hidróxido de ferro que é sólido. Isso acontece conforme a reação:



2) *Identifique o ânodo e o cátodo da pilha. Quem é o agente redutor e quem é o agente oxidante?*

- **Ânodo:** acontece a oxidação do ferro, logo, o ferro é o agente redutor.
- **Cátodo:** acontece a redução do hidrogênio, logo, o hidrogênio é o agente oxidante

3) Apresente as semirreações (cátodo e ânodo), reação global da pilha e identifique a espontaneidade da reação.



•  $E^0_{\text{célula}} = E^0_{\text{cátodo}} - E^0_{\text{ânodo}}$

$$E^0_{\text{célula}} = -0,83 V - (-0,44 V) = -0,39 V$$

$$\Delta G = -n F E^0_{\text{célula}}$$

$$\Delta G = (-2) (96485) (-0,39)$$

$$\Delta G = +75,26 \text{ KJ}$$

Reação não espontânea



# Referências

**A química perto de você: experimentos de baixo custo para a sala de aula do ensino fundamental e médio.** / Organizador: Sociedade Brasileira de Química. – São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de química analítica.** São Paulo: Cengage Learning, 2015.