

Eletricidade Galvânica ou Voltaica?

Muito provavelmente já sentimos os efeitos da eletricidade estática, nomeadamente quando tocamos objetos eletrizados. O efeito é o de um pequeno choque elétrico, como poder acontecer, por exemplo, quando tocamos num puxador metálico de uma porta e estamos num pavimento alcatifado. Isto resulta da eletrização de objetos que podem adquirir potenciais elétricos de milhares de Volt, relativamente ao solo sem, contudo, terem grande [efeito nefasto no corpo humano](#).

Um dos primeiros físicos a pensar na eletricidade e no magnetismo de forma científica foi [William Gilbert](#) (1544-1603). [Pode ver aqui alguns dos trabalhos](#).

A garrafa de [Leyden](#) tinha sido inventada acidentalmente em 1746 por [Pieter van Musschenbroek \(1692-1761\)](#), professor da Universidade de Leiden, Países Baixos, quem estudou suas propriedades e a popularizou como dispositivo para acumular e guardar a eletricidade estática. A garrafa de Leyden é um condensador (de energia) e é um dos primeiros componentes elétricos da eletrotécnica.

O estado-unidense [Benjamim Franklin](#) (1706-1788) fez ensaios sistemáticos com eletricidade estática na década de 1740 e em 1752 fez experiências para retirar eletricidade estática das nuvens através de um papagaio de papel e tentou, sem sucesso, acumular a energia num barril ou numa bateria¹ de garrafas de Leyden. Mas esta experiência conduziu a que Franklin, em 1755, produziu o primeiro para-raios funcional.

Eletrização de objetos

Lei da conservação da carga elétrica

A carga elétrica não pode ser criada nem destruída, mas pode ser separada em cargas positivas e negativas, por um processo que se designa por eletrização. Esta observação traduzida em lei é devida a Benjamim Franklin.

Existem três métodos de eletrizar ou carregar um objeto, por: fricção, indução ou por condução.

Eletrização por Fricção

A fricção resulta na transferência de eletrões entre dois objetos eletricamente neutros quando são friccionados. Os dois objetos ficam com cargas opostas como resultado desta transferência.

Um varão de vidro esfregado num pano de lã normalmente fica eletrizado com carga elétrica positiva (eletricidade vítrea). Um varão de borracha normalmente fica eletrizado com carga elétrica negativa.

A propriedade de afinidade eletrónica de um material refere-se à facilidade relativa que um material tem por agregar eletrões.

Uma série triboelétrica é uma lista de materiais ordenados segundo a sua atração relativa pelos eletrões de outro material. Os materiais listados perto do topo da tabela periódica² têm uma afinidade mais forte por eletrões do que aqueles que estão localizados abaixo deles. Assim, os materiais mais altos na tabela terão maior tendência a adquirir a carga negativa. Os materiais do fundo da tabela tendem a ser carregados positivamente.

¹ - O termo bateria foi sugerido a Franklin por um amigo militar acostumado às peças de artilharia convencional.

² Dmitri Mendeleev em 1869 estabeleceu esta tabela dos elementos baseada no peso atómico dos átomos.

Eletrização por Condução

A eletrização por condução elétrica envolve o contato de um objeto carregado com um objeto neutro. Quando um objeto carregado toca num objeto eletricamente neutro, os elétrons fluem de um objeto para o outro tentando igualar a carga nos objetos. Os objetos precisam de ser condutores. O processo de eletrização por condução não funciona tão bem com isoladores porque eles não permitem que a carga se espalhe facilmente.

Eletrização por Indução

O processo de indução de carga elétrica ocorre quando um objeto carregado faz com que os elétrons na superfície de um segundo objeto neutro, distanciado deste, se aproximem ou se afastem do objeto carregado sem que os dois objetos realmente se toquem. Este processo de separação de cargas permite criar áreas no segundo objeto que são carregadas de forma desigual. Esta desigualdade espacial é aquilo que chamamos de polarização. A ação da indução é a existência de um campo elétrico.

Como o objeto carregado não toca o objeto neutro, não há transferência de carga (elétrons).

Eletrização em materiais condutores

Quando um material eletrizado se aproxima de um material condutor também, através do campo da força elétrica, vai atrair ou afastar elétrons da superfície deste condutor, eletrizando-o com cargas contrárias às que possui. Isto é semelhante ao que se passa com os materiais isoladores. Nos condutores, quando deixar de haver a influência do corpo eletrizado, o material condutor volta a sua qualidade material eletricamente neutro pois os elétrons podem mover-se livremente e neutralizar a carga induzida. Nos isoladores a alteração superficial da carga pode manter-se pois não há liberdade de movimentação das cargas elétricas.

Da Eletricidade animal à Célula Eletroquímica

O italiano [Luigi Galvani](#)³ (1737 - 1798), médico, físico e filósofo, foi das primeiros investigadores a estudar a [bioeletricidade](#), onde se estuda os sinais elétricos e a sua influência no [sistema nervoso](#) dos animais.

Galvani, no seu laboratório, dispunha de uma máquina eletrostática e de uma garrafa de Leiden. Desde 1773 que Galvani fazia palestras sobre os seus estudos experimentais de medicina usando os nervos das pernas das rãs (por serem facilmente localizáveis e separáveis). Galvani verificou que as rãs, passados dois dias depois de terem sido mortas, as suas pernas ainda reagiam a estímulos elétricos.

Galvani faz estudos com animais, nomeadamente com as pernas de rãs a que aplicava eletricidade estática e verificou que esta tinha efeito sobre as rãs, pois estas contraíam as pernas.

Em 1786, Galvani tentou usar uma descarga elétrica atmosférica, a fonte de eletricidade estática mais forte que conhecia, para aplicar à perna de uma rã pendurada por um gancho de latão num corrimão de ferro do exterior do seu laboratório. Mesmo sem descarga atmosférica Galvani verificou que a perna da rã se contraía quando esta tocava no corrimão de ferro. Tanto o latão como o ferro são bons condutores elétricos⁴.

³ - O nome de Galvani ficou imortalizado de muitas formas: i)- na eletrotécnica: galvanómetro, potencial Galvani, ânodo galvânico, banho galvânico, célula galvânica, corrente galvânica, isolamento galvânico, série galvânica; na eletroquímica: corrosão galvânica, par galvânico, galvanização, galvanização por imersão; na fisiologia: pele galvânica resposta, reflexo psicogalvânico, galvanismo, etc.

⁴ - Os materiais, do ponto de vista do valor da sua condutividade elétrica, dividem-se em isoladores, semicondutores e condutores. O vidro é isolador, o sulfureto de chumbo é semicondutor e a prata é o melhor condutor elétrico.

Por volta de 1790, Galvani começa a pôr a hipótese de haver uma interação entre a eletricidade, os nervos e a contração muscular dos animais. Em 1791 Galvani publicou, em latim, os resultados das suas experiências em “*De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*”. Galvani admitiu que nos animais havia um tipo de eletricidade que designou por eletricidade animal.

O italiano [Prof. Alessandro Volta](#) (1745-1827), químico, físico e professor da Universidade de Pavia, não estando muito convencido com a existência da eletricidade animal, começou a investigar o fenómeno descrito por Galvani, o que o fez chegar na verdadeira explicação eletroquímica, que foi materializada na construção da chamada Pilha de Volta, ou Pilha Voltaica.

Galvani, de facto, na sua experiência com a rã, tinha feito uma célula eletroquímica ferro-latão que gerava uma força eletromotriz e que excitava a perna da rã, levando à sua contração muscular.

Volta fez várias experiências entre metais diferentes e diferentes líquidos a separar os dois metais. Alguns destes líquidos permitiam a passagem de cargas elétricas e foram designados por eletrólitos, mas, no caso geral podem ser líquidos ou sólidos.

Volta em cada célula eletroquímica obtinha uma força eletromotriz de cerca de 1 Volt. Pensou em ligar várias destas células eletricamente em série, de forma empilhada, para obter uma tensão mais elevada. Obteve, assim, em 1800, a chamada Pilha de Volta, o primeiro gerador de energia elétrica com capacidade de fornecer alguma energia elétrica de forma controlada, contrariamente ao que acontecia com a eletricidade estática.

A Pilha de Volta foi uma invenção revolucionária que mudou o mundo da eletricidade. Seguiu-se a invenção de [outros tipos de células eletroquímicas](#) que eram associadas em forma de pilha ou em forma de bateria. Na cerimónia de inauguração do Museu Faraday, em fevereiro de 2017, construímos e apresentámos uma réplica da pilha de Volta que produzia cerca de 22,5 V.

A célula de Volta

Na interação com eletrólitos, ácidos ou básicos, os condutores elétricos têm comportamentos diferentes pois podem ceder ou fornecer eletrões (através de reações químicas de redução-oxidação ou reação redox).

Volta verificou que a inserção de dois condutores diferentes, chamados de elétrodos, num eletrólito gera uma força eletromotriz entre os dois condutores; ao conjunto chamou célula eletroquímica, ou célula voltaica (descoberta de Volta). Nas células eletroquímicas aparecem-nos três conceitos diferentes e que são fundamentais na eletrotecnia: força eletromotriz, \mathcal{E} , potencial elétrico, V, e tensão elétrica, U ⁵.



Pilha de Volta (réplica)
Museu Faraday

⁵ - No interior da célula não há campo elétrico e nas interfaces aparece a força eletromotriz que origina nos elétrodos uma diferença de potencial. Esta diferença de potencial cria no exterior da célula um campo elétrico, E , do tipo gradiente. Este campo elétrico pode originar um trabalho sobre uma carga elétrica, a que nós chamamos tensão elétrica U . No exterior a célula, a tensão U é numericamente igual à diferença de potencial $V_2 - V_1$ dos elétrodos.

Se ligarmos um condutor externo entre os dois elétrodos da célula eletroquímica originar-se-á uma corrente elétrica entre esses elétrodos, produzindo-se uma potência elétrica externa que pode ser utilizada. Do ponto de vista externo da célula, enquanto gerador de corrente elétrica, chamamos ânodo ao eletrodo positivo e cátodo ao eletrodo negativo. Quando a célula é ligada a uma fonte externa o cátodo é o eletrodo positivo e o ânodo é o eletrodo negativo; aqui voltamos aos conceitos internos da eletroquímica.

O eletrodo mais negativo de uma célula vai-se consumindo pela reação química, mas o eletrodo positivo pode conservar-se.

Seria a Pilha de Volta uma reencarnação da pilha de Bagdad?

Pilha e Bateria de células voltaicas

As células voltaicas podem ser empilhadas como Volta fez, obtendo-se uma pilha de células voltaicas, ou podem ser colocadas lado a lado e serem ligadas por fios condutores obtendo-se uma bateria de células voltaicas.

Depois da invenção de Volta houve um grande desenvolvimento destes geradores eletroquímicas, ver [Pilhas e Baterias](#).

Em 1936, o arqueologista austríaco [Wilhelm König](#) que substituiu o antecessor alemão, como diretor [do Museu de Bagdad](#), descobriu neste museu um objeto que datou com cerca de 2000 anos que lembrava uma célula eletroquímica e que foi batizado por "[Pilha de Bagdad](#)", embora se desconheça exatamente o [propósito deste objeto](#).

Princípios Básicos da Eletroquímica

[Iões](#) são átomos ou moléculas que adquirem carga elétrica pela perda ou pela aquisição de eletrões. Designa-se por catião um ião que tem carga elétrica positiva, ou seja, perdeu eletrões. O anião é um átomo ou molécula que ganhou carga elétrica negativa. Estas designações são da autoria de [Michael Faraday](#) (1791-1867).

Quimicamente falando, a aquisição de uma carga elétrica positiva chama-se oxidação e a aquisição de uma carga elétrica negativa chama-se redução.

Nos chamados compostos iónicos a ligação entre iões é feita por atração eletrostática entre o ião positivo e o negativo. Os compostos iónicos são geralmente constituídos por um metal e um não metal, sendo o metal o catião.

Os eletrólitos são substâncias (sólidas, líquidas ou gasosas) que, no seu meio, são constituídas por iões eletricamente positivos e negativos. Os eletrólitos são bons condutores de eletricidade.

Um exemplo de composto iónico, talvez seja o mais abundante, é o do sal das cozinhas (cloreto de sódio), NaCl, que é constituído por uma ligação eletrostática entre dois átomos carregados: o catião sódio Na^+ e o anião Cloro Cl^- .

O sal das cozinhas só é eletrólito a temperaturas elevadas, na forma fundida líquida e dá-se-lhe a denominação de eletrólito intrínseco. Foi assim que [Humphry Davy](#) (1778 -1829), mentor de Faraday, separou os dois iões e obteve, pela primeira vez, o metal sódio.

O cloreto de sódio numa solução com água (que tem uma molécula com estrutura bipolar)⁶, os seus iões são rapidamente separados e formam um eletrólito que é um bom condutor de eletricidade. Neste caso, o cloreto de sódio é um eletrólito potencial, pois só com a água se torna num eletrólito a sério.

O ácido acético é um ácido fraco, e é designado por eletrólito fraco. A sua decomposição acontece mesmo sem se em solução aquosa: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{CO}_2^-$, isto é, decompõe-se facilmente no catião H^+ e no anião CH_3CO_2^- mas a condução elétrica é fraca.

O álcool, ou um óleo natural não são eletrólitos. A água destilada é neutra do ponto de vista de Ph e não conduz eletricidade e, por isso, não é um eletrólito. No caso da água destilada basta a introdução de uma pequena porção de sal ou de um ácido de uma fruta para a água passar a ser um eletrólito. O azeite, por exemplo, apesar de ser um óleo tem sempre algum sal e pode conduzir eletricidade.

A eletrólise e a galvanização

Depois da criação da Pilha de Volta, muitos cientistas começaram a fazer experiências com a nova forma de energia elétrica. Verificaram que se uma Pilha de Volta fornecesse energia a dois elétrodos imersos num eletrólito havia a decomposição química desse eletrólito. Faraday chamou eletrólise a este fenómeno eletroquímico. Foi através da eletrólise que se conseguiu fazer separação da água em hidrogénio e oxigénio e separação de muitos outros eletrólitos nos seus componentes.

Faraday verificou que quando uma célula eletroquímica era aplicada a uma célula com dois condutores elétricos e um eletrólito, havia transporte de metal de um elétrodo para outro. Faraday apelidou este fenómeno de galvanoplastia, em homenagem a Luigi Galvani. Faraday estabeleceu as leis da eletrólise e da galvanoplastia que ainda hoje usamos.

⁶ - A estrutura bipolar da ligação fisicamente assimétrica entre o oxigénio e o hidrogénio, conduz a várias propriedades interessantes incluindo propriedades magnéticas. A água é ligeiramente diamagnética.