

NOÇÕES ELEMENTARES DE PILHAS PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS. ASSOCIAÇÃO DE PILHAS

As pilhas são dispositivos que transformam energia química em energia elétrica. A denominação de pilha tem sua origem no aspecto do primeiro dispositivo desta espécie, construído por Alexandre Volta. A pilha de Volta apresentava-se como uma coluna (pilha) de discos de metais diferentes, dispostos alternadamente e separados por rodela de feltro embebidas em solução química. Hoje as pilhas não têm esse aspecto e são mais elaboradas.

Os principais elementos constituintes de uma pilha são os seus ELÉTRODOS e o seu ELETRÓLITO. Os eletrodos são dois materiais diferentes (o cobre e o zinco, por exemplo) que, ao serem imersos numa solução química (o ELETRÓLITO) adquirem cargas elétricas e assim se estabelece uma força eletromotriz entre eles.

Quando o eletrólito de uma pilha se apresenta na forma líquida, dizemos que a pilha é ÚMIDA; quando o eletrólito é aplicado na forma de uma pasta, dizemos que se trata de uma PILHA SECA.

As pilhas costumam ser classificadas ainda em dois tipos gerais: PILHAS PRIMÁRIAS e PILHAS SECUNDÁRIAS. Na pilha primária,

um dos eletrodos é consumido gradualmente durante o funcionamento da mesma, sem haver a possibilidade de recuperação do material, pois as reações químicas que se processam no interior da pilha são irreversíveis. Nas pilhas secundárias, as reações químicas produzem transformações nos eletrodos, mas esses fenômenos químicos são reversíveis, e os materiais podem ser recuperados com a passagem de uma corrente elétrica pela pilha, em sentido contrário ao da corrente de descarga da mesma (corrente fornecida pela pilha, quando está sendo utilizada).

Constantes de uma pilha

São as seguintes as constantes (melhor seria chamá-las de características, pois não são realmente valores constantes):

- a) FORÇA ELETROMOTRIZ
- b) RESISTÊNCIA INTERNA
- c) POTÊNCIA;
- d) REGIME ou DÉBITO NORMAL;
- e) CAPACIDADE.

A força eletromotriz de uma pilha é a diferença de potencial entre os seus terminais, EM CIRCUITO ABERTO. É independente das dimensões da pilha e só depende da natureza dos materiais empregados na sua construção.

Quando tratamos da resistência interna de uma pilha temos que considerar o eletrólito. Os fatores que determinam a resistência de um condutor sólido também influem na resistência do eletrólito. Numa pilha, o comprimento do eletrólito é a distância entre os elétrodos, e a área da seção transversal é a área média das superfícies imersas dos mesmos. A resistência interna da pilha depende diretamente da distância entre os elétrodos e inversamente da área da parte imersa dos mesmos.

Mas a resistência interna depende ainda da natureza do eletrólito e de sua deterioração com o envelhecimento da pilha; a resistência interna aumenta com a deterioração do eletrólito.

A resistência interna deve ser a menor possível, pois a d. d. p. entre os terminais da pilha cai quando ela está fornecendo corrente, devido à sua resistência interna. Quando nada está ligado à pilha (CIRCUITO ABERTO), e, portanto, não há corrente elétrica, a d. d. p. entre seus terminais é a sua força eletromotriz. Em CIRCUITO FECHADO, isto é, quando a pilha fornece corrente a um circuito externo, a corrente também existe internamente na pilha, havendo uma queda de tensão no seu interior; a d. d. p. entre os terminais da pilha é, então, menor do que a força eletromotriz gerada. A tensão entre os terminais da pilha (E_f) é igual à força eletromotriz (E_a) menos a queda de tensão interna (E_i):

$$E_f = E_a - E_i$$

A potência total de uma pilha, ou seja, a energia total que produz por segundo, é o produto da sua força eletromotriz pela corrente que fornece:

$$P_t = E_a I$$

A potência útil (energia fornecida por segundo ao circuito externo) é o produto da tensão em circuito fechado pela corrente fornecida:

$$P_u = E_f I$$

O rendimento da pilha é a relação

$$\frac{P_u}{P_t} = \frac{E_f}{E_a I} = \frac{E_f}{E_a}$$

O máximo de trabalho de uma pilha é obtido com "I" máximo, quando

$$E = \frac{E_a}{2}$$

isto é, quando o rendimento é de 50%; nestas condições, a resistência externa é igual à resistência interna.

O débito normal de uma pilha é a corrente máxima que pode fornecer sem possibilidade de POLARIZAÇÃO (ver adiante)), fenômeno este que reduz a força eletromotriz. Esta característica depende das dimensões e do tipo de pilha.

A capacidade de uma pilha é a quantidade de eletricidade que ela pode fornecer; depende principalmente da quantidade e do tipo de material ativo, bem como da densidade do eletrólito. Varia de acordo com o período em que se processa a descarga da pilha, e com a temperatura.

Polarização

Quando uma pilha está fornecendo corrente, parte do hidrogênio libertado nas reações químicas deixa a pilha, escapando para a atmosfera, porém o restante fica em torno do eletrodo positivo, não permitindo que este faça bom contato com o eletrólito. Este fenômeno implica não só na redução da tensão entre os terminais da pilha, como foi citado em parágrafo anterior, como também no aumento da resistência interna. Para diminuir o efeito da polarização, são usadas substâncias que se combinam com o hidrogênio, ou que evitam sua formação, chamadas **DESPOLARIZANTES**.

Pilha Primária de Zinco-Carvão

Este tipo de pilha, principalmente em forma de **PILHA SECA**, tem grande aplicação em rádios, telefones, lanternas, etc. São as seguintes as suas características principais:

ELETROLITO: Cloreto de amônio (NH_4Cl) ou cloreto de manganês (MnCl_2).

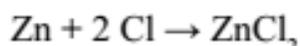
ELETRODOS: Zinco (-) e Carvão (+).

DESPOLARIZANTE: Bióxido de manganês (MnO_2).

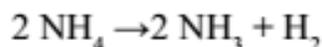
REAÇÕES: 1) Eletrólito de cloreto de amônio

O eletrólito é constituído de íons de amônio carregados positivamente (NH^+) e íons de cloro carregados negativamente (Cl^-).

Na placa negativa os íons de cloro cedem suas cargas ao zinco, e se combinam quimicamente, formando cloreto de zinco (ZnCl), que passa a fazer parte da solução:



Na placa positiva, os íons de amônio cedem suas cargas ao carvão, mas não se combinam com ele; cada íon se decompõe de acordo com a reação

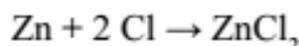


No despolarizante, o bióxido de manganês combina-se com o hidrogênio, reduzindo a polarização da pilha:

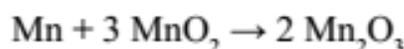


2) Eletrólito de cloreto de manganês

O eletrólito consiste de íons de manganês carregados positivamente (Mn^+) e íons de cloro carregados negativamente (Cl^-). No eletrodo negativo, os íons de cloro cedem suas cargas ao zinco e reagem com o mesmo, formando cloreto de zinco, substância que fica fazendo parte da solução na pilha:



No eletrodo positivo, os íons de manganês dão suas cargas ao carvão e reagem com o despolarizante (bióxido de manganês)



FORÇA ELETROMOTRIZ: cerca de 1,5 V, quando nova, decresce durante a vida da pilha, até um limite útil de 1 V.

RESISTÊNCIA INTERNA: aproximadamente 0,5 ohm; aumenta com o envelhecimento da pilha.

Pilha Secundária de Chumbo-Ácido

Este tipo de pilha tem também grande aplicação (automóveis, aviões, etc.). O fato de ser recarregável representa, sem dúvida, uma grande vantagem, e uma análise atenta de suas características principais justifica sua grande utilização.

ELETROLITO: Ácido sulfúrico

diluído (H₂SO₄) em água destilada. O peso específico do eletrólito deve se situar entre os valores de 1,100 e 1,300. O peso específico, determinado com um dispositivo chamado DENSÍMETRO, dá-nos uma boa informação sobre o estado de carga de pilha, pois o peso específico do eletrólito diminui à medida que a pilha se descarrega.

ELÉTRODOS: Chumbo esponjoso (-) e Peróxido de Chumbo (+).

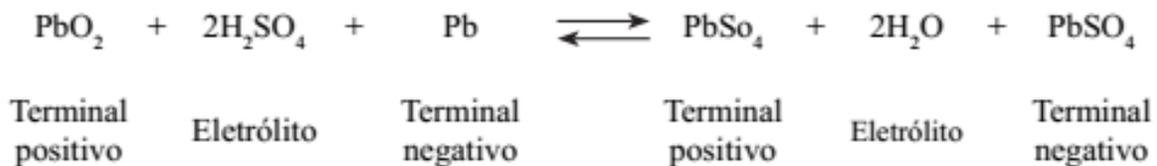
REAÇÕES: DESCARGA – Quando a pilha está carregada, o material ativo da placa positiva é o peróxido de chumbo (PbO₂) e o da placa negativa é o chumbo esponjoso (Pb). À medida que a pilha se descarrega, os íons positivos de hidrogênio do ácido sulfúrico

dirigem-se para o terminal positivo, onde perdem suas cargas e reagem, reduzindo o peróxido de chumbo a monóxido de chumbo (PbO) que então se combina com o ácido sulfúrico para formar sulfato de chumbo (PbSO₄).

Os íons negativos (SO₄) dirigem-se à placa negativa, onde se combinam, formando também sulfato de chumbo.

CARGA: Quando a pilha está sendo recarregada, os íons de hidrogênio movem-se para a placa negativa e os íons SO₄ para a placa positiva. As reações são o oposto das que foram citadas na descarga. Tanto a carga total como a descarga total estão sintetizadas na equação abaixo:

FORÇA ELETROMOTRIZ: cerca



de 2,2 V. Em plena carga pode chegar a 2,6 ou mais volts. A tensão cai com a descarga e não se deve permitir que seja inferior a 1,8 volts.

RESISTÊNCIA INTERNA: É normalmente muito baixa, o que constitui uma das importantes vantagens sobre as pilhas primárias. Esta característica dá a esta pilha uma diferença de potencial praticamente constante entre os seus terminais. Como exemplo, uma pilha de 300 Ah de capacidade tem uma resistência interna de aproximadamente 0,001 ohm.

Associação de Pilhas

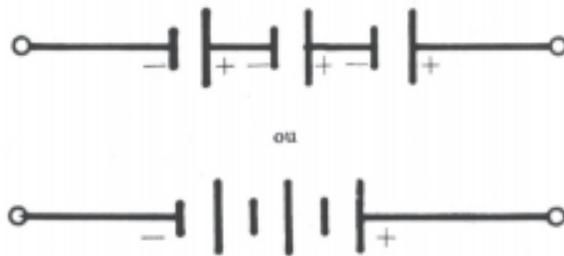
Uma pilha tem força eletromotriz e capacidade muito pequenas. A força eletromotriz máxima que se pode obter

de uma pilha é pouco mais de 2 volts, e, a não ser que a pilha tenha dimensões muito grandes, sua capacidade é reduzida. Contudo, é possível obter tensões bem mais altas, aliadas a maiores capacidades, agrupando as pilhas de três modos diferentes:

- a) ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE
- b) ASSOCIAÇÃO EM PARALELO
- c) ASSOCIAÇÃO MISTA

Esses conjuntos de pilhas são chamados BATERIAS.

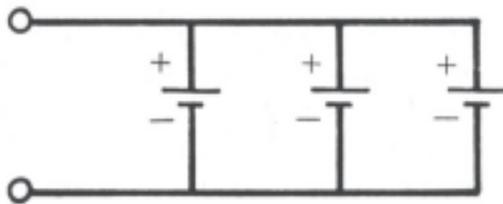
Na associação em série, unimos os terminais diferentes de pilhas adjacentes. O terminal livre de cada pilha situado numa das extremidades da ligação é um dos terminais da bateria.



PILHAS EM SÉRIE

FIG. VI-1

Na ligação em paralelo, todos os elétrodos positivos são unidos, o mesmo acontecendo com os negativos. Deste modo, todos os elétrodos de polaridades iguais ficam no mesmo potencial e, assim, a força eletromotriz da bateria é a mesma de uma única pilha.



PILHAS EM PARALELO

FIG. VI-2

Características da Ligação em Série

A força eletromotriz "E" da bateria é igual à soma das forças eletromotrizes das diversas pilhas associadas.

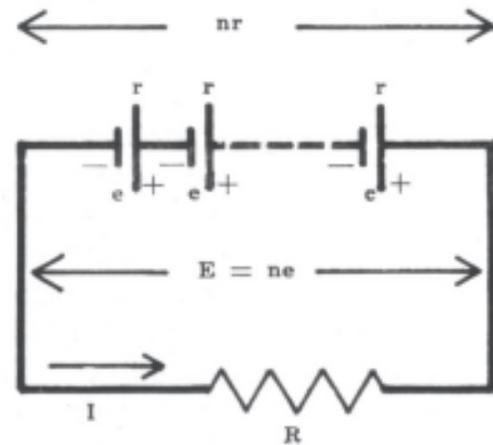


FIG. VI-3

Se a bateria é formada por "n" elementos IDÊNTICOS temos:

$$E = n e$$

A resistência da bateria é igual à soma das resistências internas das pilhas. Se a bateria é formada por "n" elementos IGUAIS de resistência interna "r", e se "R" é a resistência externa, a resistência total é

$$n r + R$$

e, de acordo com a Lei de Ohm, podemos escrever:

$$I = \frac{n e}{n r + R}$$

Este tipo de ligação é vantajoso, sobretudo quando as resistências externas são grandes.

Características da Ligação em Paralelo

Este tipo de ligação, também chamado de associação em derivação, em quantidade ou em superfície, apresenta

maior vantagem quando as resistências externas são pequenas.

Supondo que todos os elementos são IDÊNTICOS, temos que:

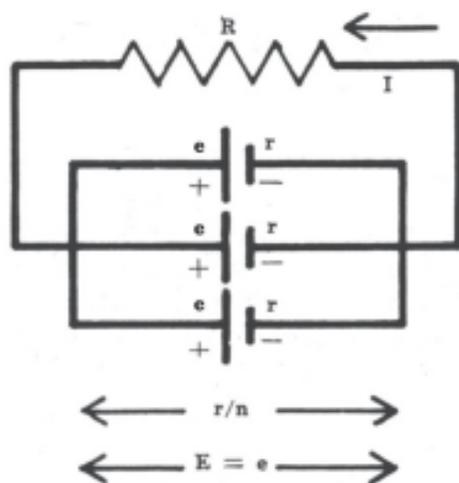


FIG. VI-4

– a força eletromotriz da bateria é a mesma que a de uma única pilha:

$$E = e$$

– a resistência da bateria é igual à de um elemento dividida pelo número de dispositivos utilizados:

$$\frac{r}{n}$$

A intensidade da corrente fornecida será, então, de acordo com a Lei de Ohm, e considerando a resistência externa do circuito,

$$I = \frac{e}{\frac{r}{n} + R} = \frac{e}{\frac{r + Rn}{n}} = \frac{ne}{r + Rn}$$

Características da Associação Mista

A ligação mista é uma combinação dos dois tipos já estudados, e, assim, apresenta simultaneamente as características mencionadas nos parágrafos anteriores.

Pilhas em Oposição

Quando ligamos pilhas em série, e qualquer uma delas é invertida, a força eletromotriz total sofre uma redução, porém a resistência interna total continua a mesma,

A força eletromotriz total é a soma das forças eletromotrices do grupo maior de pilhas, agindo num sentido, menos a força eletromotriz total do grupo menor agindo em sentido oposto, ou, em outras palavras, a força eletromotriz total é a soma algébrica das diversas forças eletromotrices.

PROBLEMAS

PILHAS; ASSOCIAÇÃO

1 – Uma pilha cuja resistência interna é de 0,5 ohm tem os seus terminais ligados a um resistor de 40 ohms. Sabendo que a f. e. m. da pilha é de 1,4 V, determinar a intensidade da corrente no resistor.

$$R.: 0,034 \text{ A}$$

2 – Um resistor é ligado primeiro em série e depois em paralelo com um medidor de 12 ohms de resistência. Quando uma bateria de 3 ohms de resistência interna é aplicada ao conjunto, a leitura no dispositivo é a mesma nos dois casos. Determinar o valor do resistor.

$$R.: 6 \text{ ohms}$$

3 – Um resistor de 10 ohms é ligado a uma bateria formada por seis pilhas ligadas em série. Cada pilha tem uma f. e. m. de 1,5 V e uma resistência interna de 0,2 ohm. Qual a corrente que passa no resistor?

R.: 0,8 A

4 – Seis pilhas primárias são dispostas em três fileiras, cada fileira com duas pilhas, e o conjunto é ligado a um dispositivo cuja resistência é de 10 ohms. Determinar a corrente fornecida pela bateria, sabendo que cada pilha tem as seguintes características: f. e. m. de 1,5 V e resistência interna de 1 ohm. Numa fileira as pilhas estão em série, e as fileiras estão em paralelo.

R.: 0,28 A

5 – Doze pilhas são ligadas em série e o conjunto ligado a um resistor de

18 ohms. Sabendo que cada pilha tem uma força eletromotriz de 1,5 V e uma resistência interna de 0,5 ohm, calcular a corrente no circuito. Determinar, também, a corrente que passaria no resistor se quatro das pilhas fossem ligadas em oposição com as outras.

R.: 0,75 A; 0,25 A

6 – Se um resistor de condutância igual a 5 S fosse ligado a uma fonte constituída por 6 pilhas associadas em série, qual seria a quantidade de calor produzida no mesmo em 2 minutos? Qual deveria ser sua dissipação mínima?

Constantes de cada pilha:

Força eletromotriz = 1,5 volt

Resistência interna = 0,8 ohm

R.: 77,76 J

0,648 W