

# BATERIAS ESTACIONÁRIAS DE CORRENTE CONTÍNUA

(Manuel Bolotinha <sup>\*i</sup>)

## 1. INTRODUÇÃO E APLICAÇÕES

As **baterias** foram o primeiro sistema inventado pelo Homem para *produzir e armazenar energia eléctrica*, na forma de **corrente contínua (CC)**.

As **baterias** baseiam-se na **pilha de Volta**, ou *pilha galvânica*, descoberta pelo físico italiano *Alessandro Volta*, em 1800.

Pondo em contacto **dois metais**, na circunstância o *cobre e o zinco*, separados por *discos de feltro embebidos numa solução condutora*, *Volta* descobriu que *entre os dois metais diferentes* era gerada uma **força electromotriz** (uma **diferença de potencial**).

Neste artigo serão abordadas as **baterias estacionárias**, cuja designação surge como contraponto às *baterias utilizadas nos veículos rodoviários*, que são normalmente designadas por **baterias automotivas**.

As utilizações mais comuns das *baterias estacionárias* são como *fonte de energia de back-up* nas **UPS** (*Uninterruptible Power Supply – Unidade de Alimentação Ininterrupta*), para *alimentação de sistemas e equipamentos*, para os quais é necessário **garantir permanentemente a alimentação em energia eléctrica**, como é o caso dos *serviços auxiliares de corrente contínua (SACC)* das centrais eléctricas e das *subestações – sistemas de comando, controlo e protecção e equipamentos de telecomunicações* – e como **excitatriz**<sup>1</sup> dos *geradores síncronos de corrente alternada*.

## 2. CONSTITUIÇÃO E PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

As baterias são constituídas por **elementos** (*cada elemento é uma pilha*). As **pilhas eléctricas**, também designadas por *células galvânicas*, por **reações químicas de oxidação e redução**, *transformam energia química em energia eléctrica*.

São basicamente constituídas por **dois eléctrodos de metais diferentes** (*ânodo e cátodo*), imersos numa **solução aquosa com iões com concentração conhecida** e separados por **uma placa ou membrana porosa**.

Quando se ligam os *dois eléctrodos* atrás referidos, verifica-se a uma **oxidação do ânodo** (*libertação de electrões*) e uma **redução do cátodo**<sup>2</sup>, que é sempre o **metal mais nobre** (*depósito de electrões*). O **ânodo** é o **polo negativo** da pilha e o **cátodo** o **polo positivo**.

Há pois uma **circulação de electrões** *entre o ânodo e o cátodo*, como se representa na Figura 1.

---

<sup>1</sup> A **excitatriz** é a componente dos *geradores síncronos de corrente alternada* que tem como função promover a **excitação do enrolamento de campo**.

<sup>2</sup> A *reação química* **redução-oxidação** é habitualmente designada por **redox**.

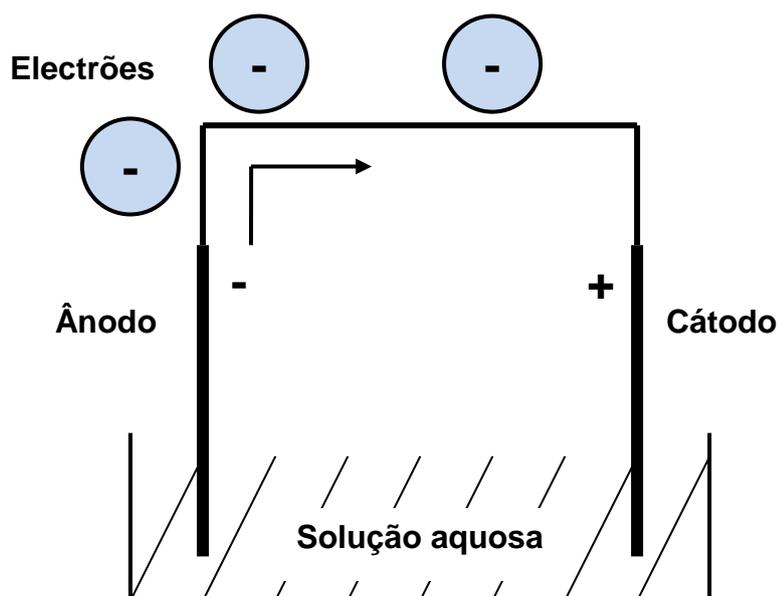


Figura 1 – Princípio de funcionamento das pilhas

O **sentido** do *fluxo de electrões* entre o *ânodo* e o *cátodo* é **contrário ao sentido convencional da corrente eléctrica** – do *polo positivo para o polo negativo*, como se representa na Figura 2.

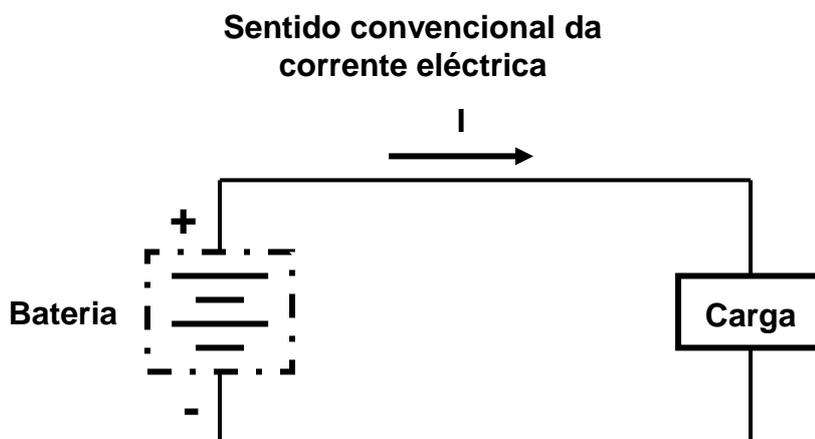


Figura 2 – Sentido convencional da corrente eléctrica

### 3. TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS BATERIAS ESTACIONÁRIAS

Os tipos de *baterias*, cujos *elementos* são **recarregáveis**<sup>3</sup>, utilizadas para as aplicações referidas no Capítulo 1 são:

- Baterias ácidas, de chumbo, seladas.
- Baterias alcalinas, de níquel-cádmio (**NiCd**).

Nas *baterias ácidas de chumbo*, o *electrólito* é uma **solução de ácido sulfúrico** ( $H_2SO_4$ ), o *ânodo* é o **chumbo** (*Pb*) e o *cátodo* o **dióxido de chumbo** (*PbO<sub>2</sub>*).

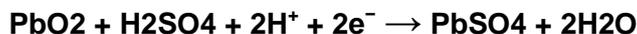
<sup>3</sup> As *baterias/pilhas recarregáveis* são designadas por **baterias/pilhas secundárias**; as *não recarregáveis* são designadas por **baterias/pilhas primárias**.

As reacções químicas que se verificam são as seguintes:

Oxidação (no cátodo)



Redução (no ânodo)



Reacção total



As reacções atrás referidas dão origem à produção de **sulfato de chumbo** ( $\text{PbSO}_4$ ) que *adere aos eléctrodos*.

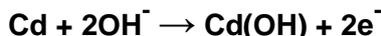
Nas **baterias alcalinas de níquel-cádmio**, o *electrólito* é uma **solução aquosa de hidróxido de potássio** ( $\text{KHO}$ ), o *ânodo* é o **cádmio** ( $\text{Cd}$ ) *esponjoso* e o *cátodo* o **hidróxido de níquel** ( $\text{NiHO}$ ).

As reacções químicas que se verificam são as seguintes:

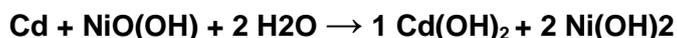
No cátodo



No ânodo



Reacção total



As baterias devem obedecer à seguintes *Normas IEC*<sup>4</sup>:

- Baterias ácidas, de chumbo: 60896 – *Stationary lead-acid batteries*.
- Baterias alcalinas, de níquel-cádmio: 60623 – *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Vented nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*.

As características das *baterias estacionárias* são:

- Tensão
- Número de elementos
- Tensão por elemento
- Capacidade – **C** (expressa em **Ah** – *ampère hora*)

As **tensões** utilizadas habitualmente, designadamente nos *SACC* e na *alimentação dos equipamentos de telecomunicações*, são **110 V** e **48 V**, respectivamente.

O **número de elementos** depende da *tensão da bateria e da sua capacidade*. Os valores típicos da *tensão por elemento* são:

---

<sup>4</sup> IEC: International Electrotechnical Commission.

- Baterias ácidas, de chumbo: **2,1-2,45 V**.
- Baterias alcalinas, de níquel-cádmio: **1,2-1,4 V**.

A **capacidade** define-se como a *corrente que a bateria pode fornecer durante 1 h, à tensão nominal*, sendo habitual referenciá-la como a **taxa a que a bateria de descarrega ao fim de algum tempo**. Os valores típicos desse *tempo* são:

- Baterias ácidas, de chumbo: **10 h**.
- Baterias alcalinas, de níquel-cádmio: **5 h**.

Definem-se ainda:

- *Tensão de flutuação por elemento*: valor especificado pelo fabricante como a tensão em que as baterias devem ser mantidas carregadas<sup>5</sup>, para evitar que estas se descarreguem.
- *Tensão final por elemento*: tensão de cada elemento a partir da qual a continuação da descarga da bateria pode danificar os elementos e a partir da qual a bateria deve ser desligada.
  - Baterias ácidas, de chumbo: **≈ 1,75 V**.
  - Baterias alcalinas, de níquel-cádmio: **≈ 1,1 h**.

#### 4. BATERIAS DE IÕES DE LÍTIO

As **baterias de iões de lítio**<sup>6</sup>, que constituem a mais recente tecnologia de armazenamento de *energia eléctrica* em forma de *energia electroquímica*, e que começaram a ser comercializadas na *década de 90* do século passado, usam como *electrólito* um **sal de lítio num solvente orgânico**, um **óxido metálico** no *cátodo* e **carbono**, designadamente a **grafite**, no *ânodo*.

Estas baterias devem estar de acordo com as *Normas IEC 62281 – Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport* e *62133-2 – Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for portable sealed secondary lithium cells, and for batteries made from them, for use in portable applications - Part 2: Lithium systems*.

Tipicamente o *electrólito* é uma mistura de não-aquosa de carbonatos orgânicos, tais como o **carbonato de etileno**<sup>7</sup> e o **carbonato de dietila**<sup>8</sup>, com **iões de lítio**. Habitualmente o *cátodo* é constituído por **fosfato de lítio-ferro**, **óxido de lítio-cobalto** ou **óxido de lítio-mangânês**.

---

<sup>5</sup> Ver Capítulo 6.

<sup>6</sup> Símbolo químico do *lítio*: Li.

<sup>7</sup> O **carbonato de etileno** é um **éster** – produto da *reação química* ente um **ácido** com *moléculas de oxigénio* e um **álcool** – de **ácido carbónico** e **etilenoglicol** (um **álcool** produzido a partir do **etileno**, um **hidrocarboneto**) e cuja fórmula química é **C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>**.

<sup>8</sup> O **carbonato de dietila** é um **éster-carbonato de ácido carbónico e etanol** (**álcool etílico**) e cuja fórmula química é **C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>3</sub>**.

Sendo em *corrente contínua* a energia produzida e armazenada numa *bateria*, para ligação à *rede eléctrica* é necessário que o sistema tenha um **inversor CC/CA e CA/CC**, como se ilustra na Figura 3, para realizar a referida ligação.

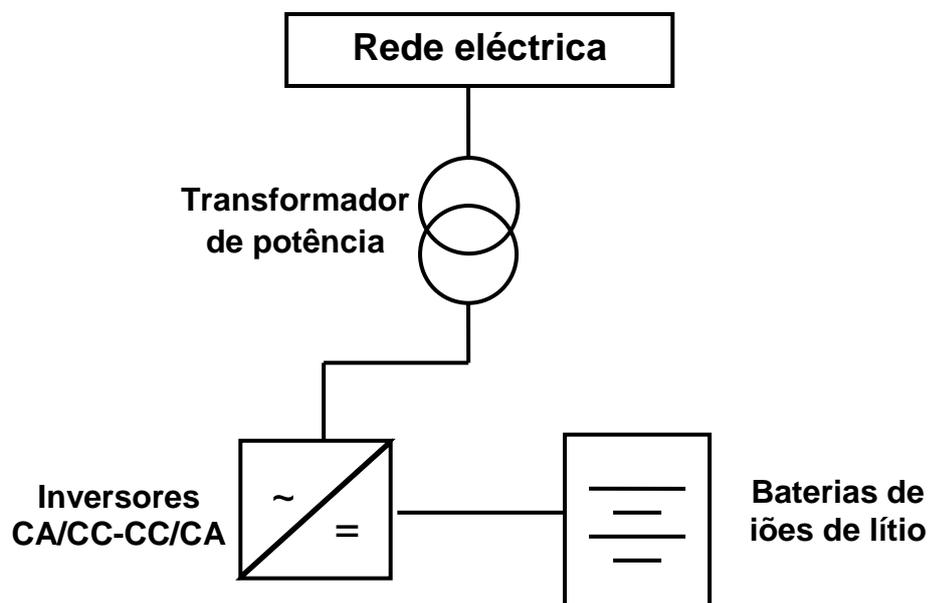


Figura 3 – Esquema simplificado de ligações de um sistema de armazenamento com baterias de iões de lítio

Quando o nível de produção de energia é *superior* ao consumo, a energia produzida em excesso é utilizada para **carregar** as *baterias*, funcionando os *inversores* como *rectificadores* para suprir o *consumo*; em situações de equilíbrio entre a energia produzida e consumida os *inversores* asseguram a **carga de manutenção** das *baterias*.

Nas situações em que a produção de energia eléctrica é inferior às necessidades de consumos, as baterias **forneem** a *energia armazenada* à *rede eléctrica* e os *inversores*, funcionando como *onduladores*, transformam a *corrente contínua* das baterias em *corrente alternada*.

Os principais inconvenientes das *baterias de iões de lítio* residem no peso e dimensões relativamente elevados para garantir o armazenamento de quantidades de energia significativas para a rede eléctrica.

## 5. MONTAGEM DAS BATERIAS ESTACIONÁRIAS

No caso das *UPS* as baterias são instaladas em *armário*, juntamente com os restantes equipamentos deste sistema de alimentação, enquanto no caso dos *SACC* as baterias são instaladas em *estantes* (ver Figura 4), em **sala própria** para o efeito, *devidamente ventilada*, com  **sinalização** de “*perigo de electrocussão*”, “*presença de elementos tóxicos*” e “*perigo de explosão*”.

As *estantes* deverão ser **isoladas do solo**; os *isoladores* (*vidro ou porcelana*) utilizados deverão assegurar **alta resistência de isolamento** entre a *bateria* e o *solo*.



Figura 4 – Bateria em estantes

Os *elementos* das baterias são **associados em série e paralelo** (ver Figura 5).

A *associação série* dos elementos define a *tensão da bateria* e a *associação paralelo* define a sua *capacidade* (ver Capítulo 3).

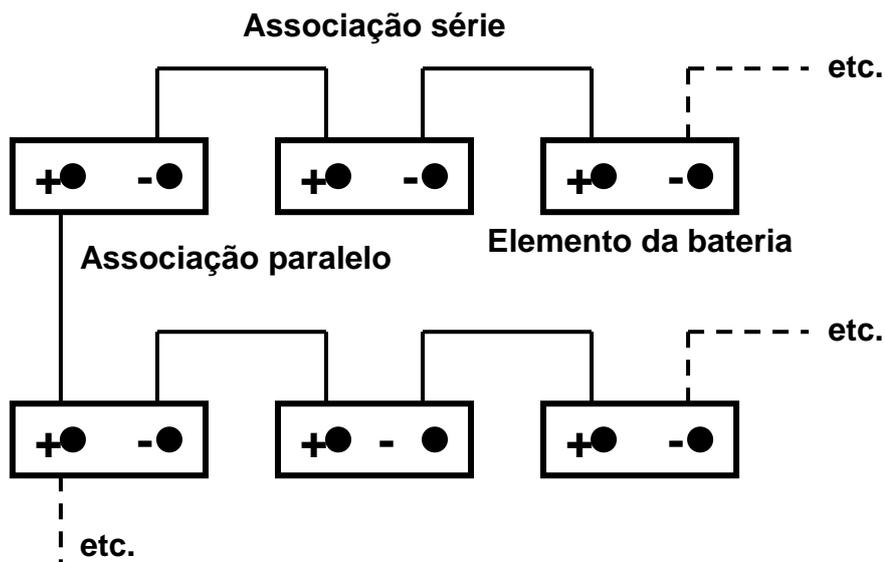


Figura 5 – Ligação dos elementos de uma bateria

A ligação dos *elementos da bateria* pode ser realizado por **barras de cobre** ou, *preferencialmente*, por **cabos isolados**.

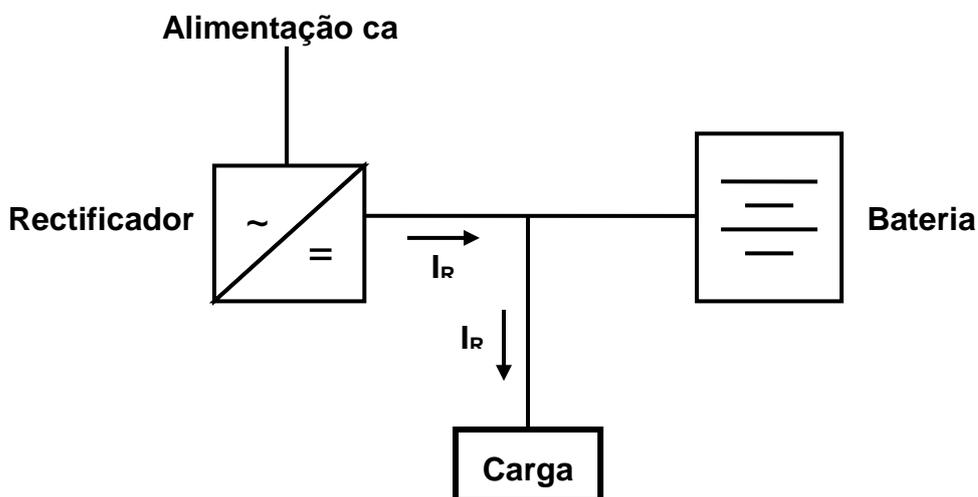
## 6. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS SACC

A *fonte de energia* dos SACC é um **conjunto bateria-rectificador** que funciona em **tampão**, isto é, em *situações normais*, na *presença de corrente alternada* (rede ou grupo), o **rectificador alimentará os consumidores e fará a carga de manutenção da bateria**; a *bateria* servirá de *socorro* nas situações em que haja **picos de consumo**.

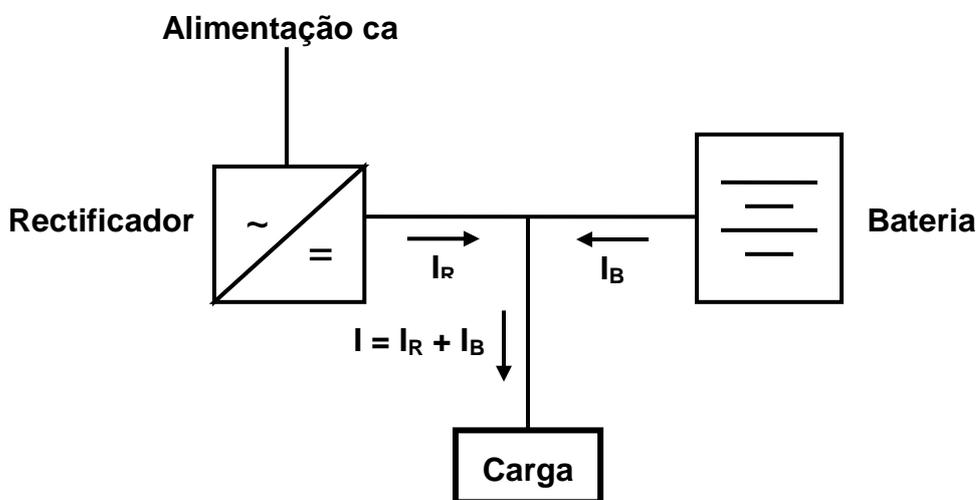
Na falta de corrente alternada a bateria fornecerá, no seu **período de autonomia**<sup>9</sup>, a corrente necessária para **manter em serviço** os equipamentos indispensáveis ao funcionamento da instalação, até ao **regresso da alimentação em corrente alternada**, ou caso tal não se verifique para **desligar a instalação em segurança**.

A Figura 6 ilustra o que foi explanado atrás

Funcionamento em situação normal, sem picos de consumo



Funcionamento em situação normal, com picos de consumo



<sup>9</sup> A **autonomia** da *bateria*, que indica o **tempo mínimo** que a *bateria* deve sustentar a carga, pode ser determinada dividindo a *capacidade* pela *corrente média* da carga durante o período de 1 hora.

Funcionamento com falta de corrente alternada

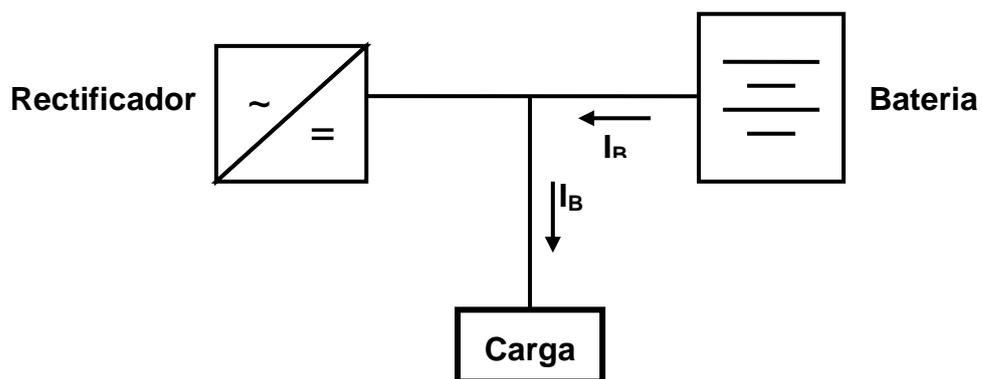


Figura 6 – Esquemas de fornecimento de energia cc dos SACC

---

Engenheiro Electrotécnico – Energia e Sistemas de Potência (IST – 1974)  
Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (FCT-UNL – 2017)  
Consultor em Subestações e Formador Profissional

*O Autor não utiliza o Novo Acordo Ortográfico*