

BATERIAS RECARREGÁVEIS

para equipamentos portáteis



STA
Sistemas e Tecnologia Aplicada

RONTEK
PRODUTOS DE QUALIDADE

Eng. Aldo Michelini | 1ª Edição / 2017

BATERIAS RECARREGÁVEIS

PARA EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS

1ª. Edição

Eng. Aldo Michelini

S.T.A. Sistemas e Tecnologia Aplicada Ind. Com. Ltda.

www.sta-eletronica.com.br

BATERIAS RECARREGÁVEIS PARA EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS

© 2017 – Aldo Michelini

Todos os direitos reservados. Exceto para usos não comerciais, nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida ou transmitida de qualquer forma ou por qualquer meio sem a permissão escrita do autor.

1ª. Edição

Capa: Jeferson Lima

Revisão: Osvalny Correia de Oliveira Morais e Katia Fernanda da Silva

AVISO IMPORTANTE:

Apesar de todo esforço que foi feito para fornecer neste livro informações as mais precisas possíveis, nem o autor nem a S.T.A. se responsabilizam por eventuais erros, omissões ou danos decorrentes de seu uso.



S.T.A. – Sistemas e Tecnologia Aplicada Ind. Com. LTDA.

Rua Matrix, 35 – Cotia – SP

CEP 06714-360

Telefone (11) 4617-8530

E-mail: sta@sta-eletronica.com.br

www.sta-eletronica.com.br

Dedico este livro a todos os usuários de baterias, que no seu dia a dia dependem delas para falar com seus entes queridos, amigos, clientes e também para ter acesso à informação, trabalhar fora do escritório, realizar bons negócios, pagar suas contas, fazer exames médicos e até mesmo ter bons momentos de lazer.

AGRADECIMENTOS

Este livro não teria sido escrito sem o apoio da **S.T.A. Sistemas e Tecnologia Aplicada**, que além de patrocinar este livro, cedeu suas instalações, equipamentos e vários de seus produtos para que pudessem ser fotografados e testados, permitindo a obtenção de informações relevantes para esta publicação.

Agradeço ao time da S.T.A. que direta ou indiretamente contribuiu para esta obra: Adriana, Alda, Alex, Andressa, Beatriz, Carlinhos, Daniel, Daniel Ogura, Dinho, Emerson, Fátima, Felipe, Flávio, Gérson, Gisele, Gislene, Israel, Joyce, Kamila, Karol, Kátia, Lilian, Luana, Márcia, Marcos, Neto, Osvalny, Regina, Sandra, Sheila, Vilson, Wilson e Wilton.

Agradeço à minha parceira na vida, Sandra, que incondicionalmente está sempre comigo e também a algumas figuras importantes, Fábio, Juliana e Gustavo.

SUMÁRIO

Introdução	13
Capítulo 1 – Conceitos básicos	15
O que é uma bateria	15
O que é corrente elétrica	18
O que é tensão elétrica	18
O que é capacidade	19
Capítulo 2 – A História das baterias	21
A primeira bateria	21
A pilha de Volta	22
A pilha de Daniell	24
A pilha de Leclanché	24
As baterias atuais	25
Capítulo 3 – Baterias de níquel cádmio – NiCd	29
A bateria de NiCd	29
Vantagens das baterias NiCd	30
Limitações das baterias NiCd	31
Efeito memória	31
Formatos das baterias NiCd	32
Tamanhos das baterias NiCd	34
Recarga de baterias NiCd	35
Descarga das baterias NiCd	39
Especificação básica das baterias NiCd	43
Armazenagem das baterias NiCd	43
Descarte das baterias NiCd	44
Capítulo 4 – Baterias de níquel hidreto metálico – NiMh	47
A bateria de NiMh	47
Vantagens das baterias NiMh	48
Limitações das baterias NiMh	48
Formatos das baterias NiMh	49
Tamanhos das baterias NiMh	50
Carregando baterias NiMh	51

Descarga das baterias NiMh	54
Especificação básica das baterias NiMh	57
Armazenagem das baterias NiMh	57
Descarte das Baterias NiMh	59
Capítulo 5 – Baterias de chumbo-ácido	61
A bateria de chumbo-ácido	61
Vantagens das baterias chumbo-ácido	64
Limitações das baterias chumbo-ácido	64
Formatos das baterias chumbo-ácido	65
Tamanhos das baterias chumbo-ácido	66
Carregamento das baterias chumbo-ácido	68
Descarga das baterias chumbo-ácido	71
Especificação das baterias chumbo-ácido	73
Armazenagem das baterias chumbo-ácido	73
Descarte das baterias de chumbo-ácido	74
Capítulo 6 – Baterias de Li-Ion	77
A bateria de Li-Ion	77
Vantagens das baterias de Li-Ion	81
Limitações das baterias de Li-Ion	81
Tipos de baterias de Li-Ion	82
Óxido de lítio cobalto – LCO	83
Óxido de lítio manganês – LMO	84
Óxido de lítio níquel manganês cobalto – NMC	86
Fosfato de lítio ferro (LiFePO ₄) – LFP	87
Óxido de lítio níquel cobalto alumínio – NCA	89
Titanato de lítio - LTO	90
Baterias de Li-Ion polímero (Li-Po)	91
Comparação entre as baterias de Li-Ion	93
Formatos e tamanhos	94
Segurança	97
Carregamento das baterias de Li-Ion	105
Descarga das baterias de Li-Ion	107
Armazenagem das baterias de Li-Ion	110
Descarte das baterias de Li-Ion	111

Comparando as baterias recarregáveis	113
Capítulo 7 – Pack de baterias	117
O que é um pack de baterias	117
Maior tensão - ligações em série	119
Maior capacidade - ligações em paralelo	123
Ligações em paralelo e em série	126
Circuitos de proteção	128
Sistema de gerenciamento de bateria (BMS)	129
Baterias inteligentes	136
Capítulo 8 – Como aumentar a vida das baterias	141
O que é a vida de uma bateria	141
Declínio da capacidade	141
Aumento da resistência interna	143
Autodescarga elevada	145
Interrupção prematura de tensão	146
Baterias desbalanceadas	148
Baterias em curto-circuito	149
Perda de eletrólito	150
Como prolongar baterias de níquel	151
Como prolongar baterias de chumbo	152
Como prolongar baterias de lítio	154
Glossário	157
Referências	165
Sobre a S.T.A.	167

INTRODUÇÃO

As baterias tem aumentado sua importância na vida de todos. Hoje dependemos cada vez mais da utilização de equipamentos portáteis alimentados por baterias.

Existem no mercado dois tipos de baterias:

- Primárias
- Secundárias

As baterias primárias não são recarregáveis e são mais conhecidas como pilhas. As baterias secundárias são recarregáveis.

Este livro tem o objetivo de divulgar informações sobre baterias recarregáveis, para o usuário comum e para os engenheiros e projetistas que tem que escolher a melhor bateria para sua aplicação.

Apresentamos aqui, informações sobre as baterias recarregáveis mais utilizadas no mercado de equipamentos portáteis:

- Baterias de níquel-cádmio (NiCd)
- Baterias de níquel-hidreto metálico (NiMh)
- Baterias seladas de chumbo-ácido
- Baterias de íons de lítio (Li-Ion)

Existem várias aplicações para baterias. Neste livro trataremos apenas das baterias de pequeno porte usadas em aparelhos portáteis ou de pequenas dimensões e peso.

Cada aplicação tem suas exigências específicas. Por exemplo, uma bateria recarregável para telefone sem fio não precisa ter uma capacidade muito grande, uma vez que ela só é utilizada enquanto falamos ao telefone e logo em seguida é colocada em carga. Já uma bateria utilizada em um equipamento médico, usado para reanimar pacientes com parada cardíaca, deve ter uma capacidade considerável, não pode falhar e tem de ser capaz de fornecer grandes correntes em pequenos intervalos de tempo.

Assim, os usuários de baterias têm que saber as características de cada tipo de bateria para que possam escolher a bateria que melhor se adapta para sua aplicação.

Todas as informações deste livro são baseadas nas baterias disponíveis atualmente no mercado. Porém existem muitos estudos, sendo feitos nos laboratórios, principalmente para baterias de Li-Ion.

Já existem, em fase experimental, baterias com características bem superiores ao que podemos comprar hoje no mercado. Baterias que podem ser recarregadas muito rapidamente e que podem armazenar grande quantidade de energia. Essa tecnologia certamente estará disponível em alguns anos.

As baterias que podemos comprar e usar hoje foram desenvolvidas há anos, às vezes há décadas. O processo de desenvolvimento e comercialização dessas baterias é sempre demorado até que cheguem a nossas mãos.

Em poucos anos as propriedades das baterias recarregáveis descritas nesse livro, provavelmente começarão a mudar e melhorar. Pode ser nos próximos cinco anos, ou pode ser nos próximos vinte anos.

Com esse livro, esperamos estar fornecendo aos nossos leitores as informações técnicas necessárias para que possam fazer a melhor escolha quando forem especificar, comprar ou usar uma bateria recarregável.

CONCEITOS BÁSICOS

O QUE É UMA BATERIA

Uma bateria é um dispositivo que converte a energia química contida em seus materiais ativos, diretamente em energia elétrica, por meio de uma reação eletroquímica de oxidação e redução.

Essa reação química envolve a transferência de elétrons dos materiais que se oxidam para os materiais que se reduzem através de um circuito elétrico.

No caso de um sistema recarregável, a bateria é recarregada por uma inversão desse processo.

Embora o termo "bateria" seja frequentemente utilizado, a unidade eletroquímica básica é a "célula". Uma bateria consiste em uma ou mais dessas células, conectadas em série ou em paralelo, ou ambos, dependendo da voltagem e capacidade de saída desejada.

A célula consiste em três componentes principais: anodo, catodo e eletrólito.

O anodo ou eletrodo negativo fornece os elétrons para o circuito externo e é oxidado durante a reação eletroquímica.

O catodo ou eletrodo positivo (eletrodo oxidante), aceita elétrons do circuito externo e é reduzido durante a reação eletroquímica.

O eletrólito (condutor iônico) fornece o meio para transferência de carga, como íons, dentro da célula entre o anodo e o catodo. O eletrólito é tipicamente um líquido, tal como água ou outros solventes

com sais dissolvidos, ácidos ou alcalinos, para permitir a condutividade iônica. Algumas baterias utilizam eletrólitos sólidos, que são condutores na temperatura de funcionamento da célula. Além desses três elementos principais, as baterias possuem separadores, recipientes, terminais e em alguns casos elementos de proteção tais como fusíveis e placas eletrônicas de proteção.

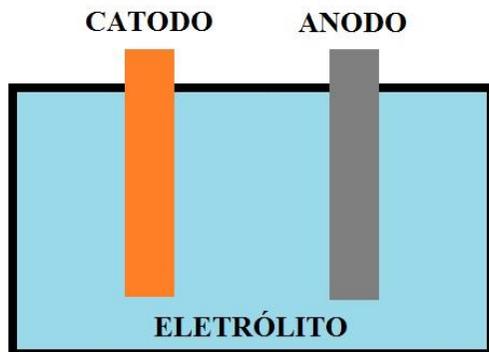


Figura 1 - Componentes básicos de uma célula

O funcionamento de uma célula durante a descarga é mostrado esquematicamente na figura 2.

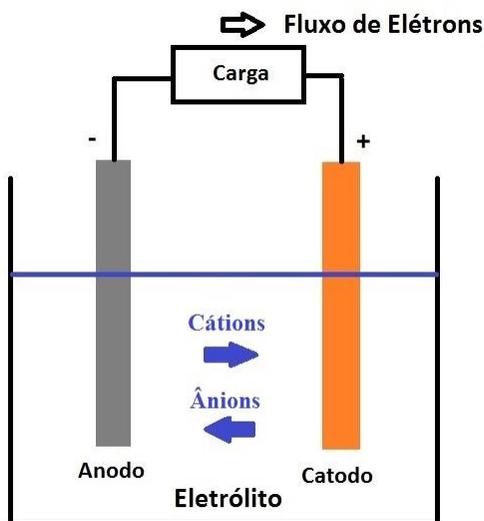


Figura 2 – Esquema eletroquímico na descarga

Quando a célula está conectada a uma carga externa, os elétrons fluem do anodo, que é oxidado, através da carga externa para o catodo, onde os elétrons são aceitos e o catodo é reduzido. O circuito elétrico é completado no eletrólito pelo fluxo de ânions (íons negativos) e cátions (íons positivos) para o anodo e o catodo, respectivamente.

Durante a recarga de uma célula recarregável, o fluxo de corrente é invertido e a oxidação ocorre no eletrodo positivo e a redução no eletrodo negativo, conforme ilustrado na figura 3. Como o anodo é, por definição, o eletrodo no qual ocorre a oxidação e o catodo, onde a redução ocorre, o eletrodo positivo é agora o anodo e o negativo é o catodo.

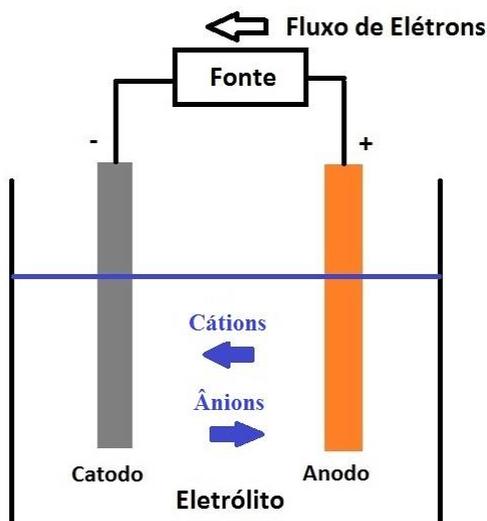


Figura 3 – Esquema eletroquímico na carga

Em algumas publicações, considera-se que o termo "bateria" refere-se a duas ou mais células. Popularmente considera-se "bateria" e não a "célula" como o produto que é vendido ou fornecido ao usuário, podendo conter uma ou mais células. A própria célula pode ser construída em muitas formas e configurações: cilíndrica, botão, plana e prismática. As células são seladas de maneira a evitar vazamento. Algumas células possuem dispositivos de ventilação ou outros meios para permitir que os gases acumulados escapem.

As baterias possuem alguns parâmetros básicos:

- Corrente Elétrica
- Tensão Elétrica ou Voltagem
- Capacidade

O QUE É CORRENTE ELÉTRICA

Corrente elétrica, é um movimento ordenado de cargas elétricas dentro de um fio de metal, normalmente feito de cobre.

Fazendo uma analogia com um sistema hidráulico, a corrente elétrica é semelhante a uma corrente de água dentro de uma mangueira.

A corrente elétrica é medida em Ampère – abreviada por A. Um miliampère é igual a um Ampère dividido por 1000 (abreviado por mA).

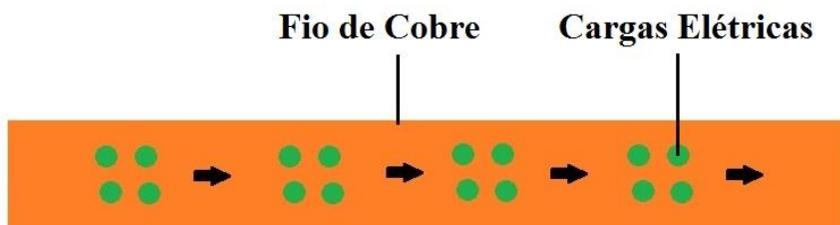


Figura 4 – Corrente elétrica

O QUE É TENSÃO ELÉTRICA

Uma corrente para se estabelecer em um fio, precisa de uma força externa, ou seja, de algum tipo de ação externa que “empurre” as cargas elétricas e as coloque em movimento.

Fazendo uma comparação com um sistema de água, para que haja circulação de água, é necessária uma pressão. Essa pressão vem da caixa de água. É o peso da água que faz a água circular.

Essa pressão externa ou força externa é denominada tensão elétrica ou voltagem. O equipamento que gera essa força ou pressão externa chama-se gerador.

Uma bateria nada mais é do que um gerador elétrico. A bateria gera tensão elétrica. A tensão elétrica é medida em Volts – abreviada por V.

Quando uma carga (receptor) é ligada na bateria, a tensão da bateria provoca uma corrente. Essa carga pode ser uma lâmpada, um telefone sem fio, um celular. A corrente que vai circular depende da tensão e da carga.

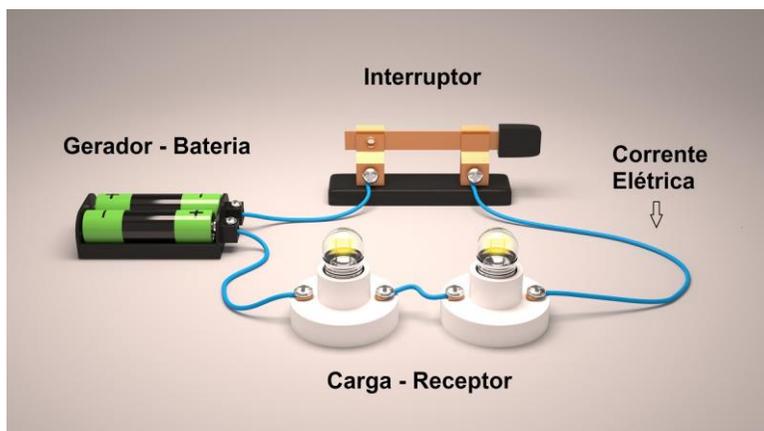


Figura 5 - Circuito elétrico básico

As tensões usuais para os diversos tipos de baterias recarregáveis são:

- Baterias de NiCd – 1,2V
- Baterias de NiMh – 1,2V
- Baterias de chumbo-ácido – 6V ou 12V
- Baterias de Li-Ion – 3,2V ou 3,6V ou 3,7V

O QUE É CAPACIDADE

A capacidade de uma bateria é a corrente que se pode tirar de uma bateria num dado período de tempo ou em outras palavras, a energia que se pode tirar de uma bateria.

Mede-se em ampère-hora (Ah) ou miliampère-hora (abreviada mAh).

Por exemplo, uma bateria de 1.300mAh pode alimentar uma carga com 65mA durante 20 horas ($65\text{mA} \times 20 \text{ horas} = 1.300\text{mAh}$).

Da mesma forma, uma bateria de 1.300mAh pode alimentar uma carga com 13mA durante 100 horas ($13\text{mA} \times 100 \text{ horas} = 1.300\text{mAh}$).

Quando fazemos referência neste livro à capacidade e à corrente das baterias, usamos a letra C.

Uma bateria sendo carregada com uma corrente de 1C significa que está sendo carregada com a corrente nominal. Uma bateria sendo carregada com uma corrente de 0,5C significa que está sendo carregada com metade corrente nominal.

Uma bateria sendo descarregada com uma corrente de 1C significa que está sendo descarregada com a corrente nominal.

Uma bateria sendo descarregada com uma corrente de 0,5C significa que está sendo descarregada com metade corrente nominal.

A HISTÓRIA DAS BATERIAS

A PRIMEIRA BATERIA

A eletricidade já era conhecida desde os tempos antigos, mas somente a partir de 1800 é que se começou a entender os mecanismos de como produzi-la e utilizá-la de maneira adequada.

A primeira bateria que se tem notícia foi encontrada perto de Bagdá durante a construção de uma ferrovia em 1936. Acredita-se que essa bateria foi construída há 2.000 anos. Trata-se de uma jarra de barro, que provavelmente era preenchida com uma solução de vinagre, onde se colocava uma haste de ferro dentro de um cilindro de cobre.

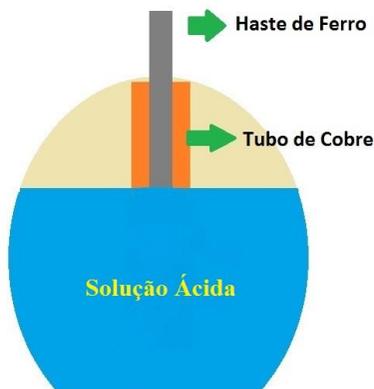


Figura 6 - Suposta bateria antiga

Não se tem certeza que essas jarras de barro fossem baterias elétricas. Se fossem baterias, quem as fabricou e para que serviram? Infelizmente, não há registro escrito sobre a função exata da jarra de barro, mas a melhor suposição é que era um tipo de bateria.

Os cientistas acreditam que essas baterias, se essa foi a sua função correta, foram usadas para galvanização, como por exemplo, colocar uma camada de um metal (ouro) na superfície de outro (prata), um método ainda praticado hoje.

Durante a década de 1780 um físico italiano Luigi Galvani realizou experimentos que envolveram pernas de rã. Ao introduzir diferentes metais no corpo da rã, como um gancho de bronze e um bisturi de ferro, Galvani notou que os músculos da rã se contraíam.

Uma primeira explicação para o fenômeno era que a contração muscular era devida à eletricidade produzida pelo animal. Posteriormente outro físico italiano Alessandro Volta, concluiu que não era a perna da rã que produzia eletricidade, mas sim a interação dos dois metais diferentes é que gerava eletricidade.

A PILHA DE VOLTA

O crédito pela invenção da bateria elétrica é dado ao cientista italiano Alessandro Volta, em 1800. Volta observou que quando duas sondas de metais diferentes são colocadas em certas soluções químicas, ocorre a produção de eletricidade. Em homenagem a Volta é que a unidade de medida de tensão elétrica chama-se volt.

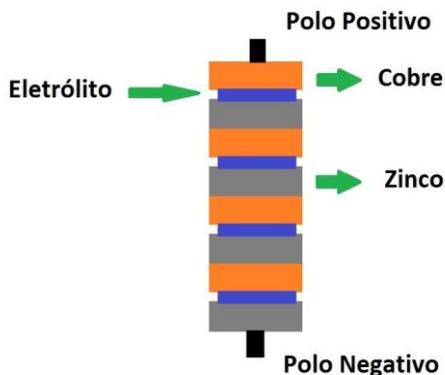


Figura 7 - Esquema da pilha de Volta

Volta colocou camadas de zinco e cobre juntas, separadas por um pano embebido em salmoura. Mas apesar de entregar correntes consistentes, a sua invenção não era capaz produzir eletricidade por muito tempo.

Uma das principais falhas em sua invenção foi o vazamento de salmoura entre as placas metálicas, causando curto-circuito.



Figura 8 - Pilha de Volta

Volta também descobriu que ligando várias baterias em série se obteria a soma das tensões de cada bateria. Descobriu também que metais diferentes, têm comportamentos diferentes numa bateria elétrica. Os metais determinam a tensão da bateria.

Em 1802, Willian Cruickshank projetou a primeira bateria para produção em massa. Ele cortou várias chapas quadradas de zinco e cobre de igual tamanho. Essas chapas foram colocadas dentro de uma caixa selada de madeira e foram soldadas entre si. Depois a caixa de madeira era preenchida com uma solução ácida.

A PILHA DE DANIELL

Em 1836, John F. Daniell, um químico inglês, inventou uma bateria capaz de produzir eletricidade de forma mais estável que as anteriores. O funcionamento da pilha de Daniell é semelhante à pilha de Volta já que possui eletrodos feitos de cobre e zinco. Porém na pilha de Daniell os eletrodos estão em compartimentos separados e se utiliza uma ponte salina para fechamento do circuito elétrico. Os eletrodos de cobre e zinco são imersos numa solução de sulfato de cobre e sulfato de zinco, respectivamente. A pilha de Daniell foi uma das baterias antigas mais bem sucedidas, sendo usada para alimentar dispositivos de comunicação.

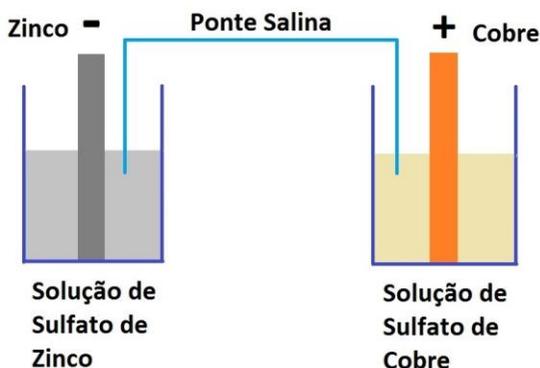


Figura 9 - Pilha de Daniell

A PILHA DE LECLANCHÉ

Em 1865, o engenheiro francês Georges Leclanché inventou uma bateria que pode ser considerada a precursora das pilhas comuns que são usadas hoje em dia. A pilha de Leclanché é formada por um cilindro de zinco metálico que forma o anodo ou polo negativo e um cilindro de grafite que forma o catodo ou polo positivo. O cilindro de grafite é coberto por uma camada de dióxido de manganês e carvão em pó. Esta pilha tem característica ácida por causa do cloreto de amônia. A pilha de Leclanché não é recarregável, pois a reação química que ocorre em seu interior é irreversível. Com isso a pilha cessa seu funcionamento quando não há mais dióxido de manganês para ser consumido.

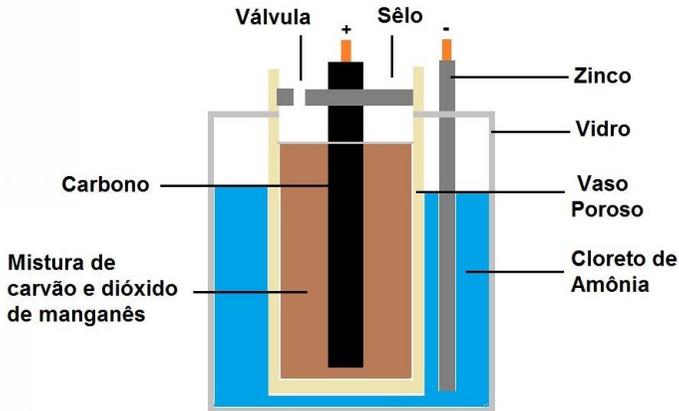


Figura 10 - Pilha de Leclanché

AS BATERIAS ATUAIS

Em 1859, o físico francês Gaston Planté inventou a primeira bateria recarregável à base de chumbo e ácido, que se tornou o primeiro tipo de bateria recarregável a ser comercializado.

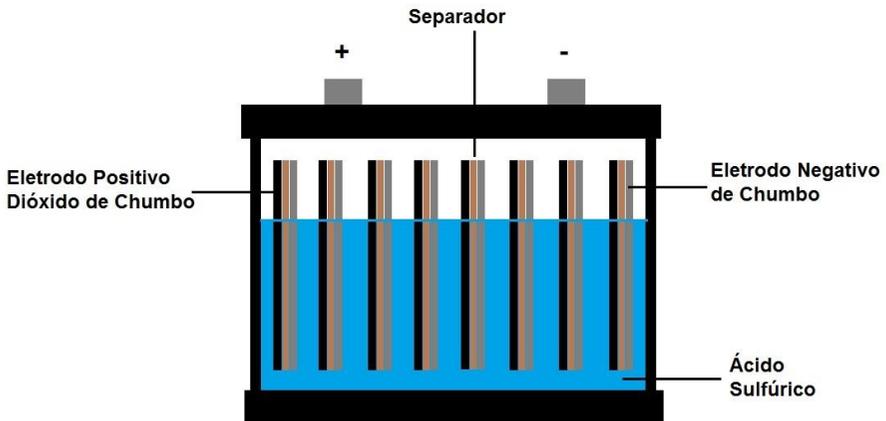


Figura 11 - Bateria de chumbo-ácido

A bateria de chumbo-ácido é constituída de dois eletrodos, um de chumbo e o outro de dióxido de chumbo, ambos mergulhados em uma solução de ácido sulfúrico. Esta célula é capaz de produzir 2 volts. Associando-se várias células em série conseguem-se tensões

maiores, como por exemplo, 12V que é a tensão mais comum nas baterias de carros.

Para recarregar a bateria, conecta-se uma fonte de corrente contínua nos dois eletrodos o que resulta na inversão das reações químicas. Neste processo o ácido sulfúrico é recuperado.

Com o passar do tempo a bateria de chumbo ácido evoluiu e hoje temos as baterias de chumbo seladas - VRLA (valve-regulated lead acid – bateria de chumbo-ácido regulada por válvula) ou bateria de gel que é um tipo de bateria de chumbo-ácido livre de manutenção.

Por ser selada pode estar em ambientes fechados, pois não libera gases nocivos. É muito utilizada em nobreaks, sistemas de alarme, geração de energia eólica, luz de emergência, telecomunicações e brinquedos elétricos.

Em 1899, Waldmar Jungner, da Suécia, inventou a bateria recarregável de níquel-cádmio (NiCd) que usava níquel como eletrodo positivo (catodo) e cádmio como negativo (anodo). O alto custo do material em comparação com o chumbo limitou seu uso.

Dois anos depois, Thomas Edison substituiu o cádmio por ferro, inventando a bateria de níquel-ferro (NiFe). Problemas tais como baixa energia, mau desempenho em temperaturas baixas ou elevadas e autodescarga excessiva limitaram o sucesso dessa bateria.

Com o passar dos anos a bateria NiCd evoluiu, conseguindo-se correntes mais elevadas, maior longevidade bem como se conseguiu produzir células seladas e pequenas. Durante muitos anos, o NiCd foi a única bateria recarregável para aplicações portáteis, porém essa bateria causa danos ao meio ambiente quando não é descartada adequadamente.

Na década de 1990, os ambientalistas na Europa começaram a trabalhar para que o uso dessa bateria fosse bastante limitado. Hoje a comercialização dessas baterias é restrita em vários países por questões ambientais.

A alternativa é a bateria de níquel-hidreto metálico - NiMh, uma bateria mais ecológica e que tem características semelhantes à bateria de NiCd, porém com melhor desempenho em termos de energia específica.

A bateria de níquel-hidreto metálico causa muito menos dano ao meio ambiente do que as baterias de níquel-cádmio. As baterias de

níquel-hidreto metálico são uma espécie de continuação das baterias de níquel-cádmio.

Essa tecnologia consiste na substituição do eletrodo à base de cádmio por um eletrodo negativo que absorve hidrogênio. Esta substituição aumenta a capacidade da bateria para um determinado peso e volume e elimina o cádmio que polui o meio ambiente. No restante, as baterias de níquel-hidreto metálico são bastante semelhantes ao produto de níquel-cádmio. Muitos parâmetros de aplicação são pouco alterados entre os dois tipos de bateria.

Atualmente, a maioria das pesquisas gira em torno das baterias de lítio, comercializadas pela primeira vez pela Sony em 1991. Além de alimentar telefones celulares, laptops, câmeras digitais, ferramentas elétricas e dispositivos médicos, o lítio também é usado para veículos elétricos e satélites. A bateria tem uma série de benefícios, tais como sua alta energia específica, carga simples, baixa manutenção e causa menores danos ao ambiente.

CAPÍTULO

3

BATERIAS DE NÍQUEL CÁDMIO NICD

A BATERIA DE NICD

A bateria de níquel cádmio é uma bateria com muito tempo de uso no mercado. Assim é uma tecnologia já desenvolvida e madura. Porém a sua densidade de energia não é muito grande, sendo menor que as baterias mais recentes como NiMH e Li-Ion. A bateria de NiCd é utilizada quando se quer vida longa, robustez e preço baixo.



Figura 12 - Bateria de níquel cádmio

As principais aplicações são telefones sem fio, walkie-talkies, equipamentos médicos e ferramentas elétricas. As baterias NiCd contêm material tóxico e não podem ser descartadas no meio ambiente. Precisam ser recicladas. São usadas comercialmente desde

1950. Seu uso está em declínio devido aos problemas ambientais e estão sendo substituídas por baterias NiMh ou de Li-Ion.

As baterias de NiCd preferem carga rápida ao invés de carga lenta e carga pulsada ao invés de carga contínua. Todas as outras baterias preferem carga e descarga moderadas. De fato a bateria de NiCd é a única que tem um ótimo desempenho sob condições rigorosas de trabalho. Não é adequado deixar a bateria de NiCd em carregadores por vários dias e usá-la somente ocasionalmente por períodos breves.

É importante descarregar completamente as baterias NiCd, caso contrário, poderá ocorrer a formação de grandes cristais nas placas das células, o chamado efeito memória. A bateria poderá gradualmente perder sua capacidade.

Entre as baterias recarregáveis, as de NiCd eram até o final da década de 90 a escolha mais popular para aplicações tais como walkie-talkies, equipamentos de emergência médica, câmeras de vídeo profissionais e ferramentas elétricas. Entretanto a introdução de novas baterias com densidade de energia maior e metais menos tóxicos está causando a migração do NiCd para tecnologias mais recentes, principalmente NiMh e Li-Ion.

VANTAGENS DAS BATERIAS NICD

As principais vantagens das baterias NiCd, são:

- Carga rápida e simples mesmo após armazenagem prolongada.
- Alto número de ciclos de carga e descarga. Se mantida adequadamente, a bateria NiCd pode chegar a 1000 ciclos de carga e descarga.
- Bom desempenho de carga. As baterias de NiCd permitem recargas em baixas temperaturas.
- Longa vida na condição de armazenagem, em qualquer estado de carga.
- Armazenagem e transporte simples. A maioria das empresas aéreas aceita as baterias NiCd sem condições especiais.
- Bom desempenho em baixa temperatura.
- Bom desempenho mesmo se sobrecarregada.

- Preço baixo em comparação com outras baterias. A bateria NiCd é a que tem menor custo por ciclo.
- Disponível em larga escala de tamanho e opções de desempenho.

LIMITAÇÕES DAS BATERIAS NICD

As principais limitações das baterias de NiCd são:

- Baixa densidade de energia, comparada com baterias mais modernas.
- Efeito memória.
- A bateria de NiCd contém metais tóxicos que não podem ser jogados no meio ambiente. Alguns países estão limitando o uso de baterias de NiCd.
- Tem uma alta taxa de autodescarga precisando ser carregada periodicamente quando armazenada.

EFEITO MEMÓRIA

Indica uma característica das baterias NiCd mais antigas. Quando não eram descarregadas completamente até o limite inferior de tensão, nas descargas subsequentes perdiam parte de sua capacidade. É como se a bateria ficasse viciada em fornecer menos energia.

Melhorias na tecnologia da bateria têm praticamente eliminado esse fenômeno. Testes realizados em laboratórios mostram que o efeito memória nas baterias de NiCd mais modernas é tão pequeno que só pode ser detectado apenas com instrumentos sensíveis. Após a mesma bateria ser descarregada em diferentes intervalos de tempo, o efeito memória não foi mais observado.

O problema com a bateria à base de níquel não é o efeito memória, mas sim os efeitos da formação cristalina. Existem outros fatores envolvidos que causam degeneração de uma bateria. Por clareza e simplicidade, usamos a palavra “memória” para indicar a perda de capacidade em baterias à base de níquel que são reversíveis.

O cádmio de uma bateria NiCd está presente em cristais finos. Em uma boa bateria, esses cristais permanecem finos, obtendo uma área máxima de superfície. Quando o efeito memória ocorre, os

cristais crescem e reduzem drasticamente a área da superfície. O resultado é uma depressão da tensão, que conduz a uma perda da capacidade.

Em estágios avançados, os cantos afiados dos cristais podem crescer através do separador, causando elevada autodescarga ou um curto-circuito.

Outra forma de memória que ocorre em algumas baterias de NiCd é a formação de um composto intermetálico de níquel e cádmio, criando resistência extra na bateria.

Recondicionamento por descarga profunda ajuda a romper esse composto e reverte a perda da capacidade. Os materiais ativos que não são carregados ou descarregados têm suas características físicas alteradas causando um aumento de resistência. Ciclos completos de carga/descarga irão restaurar os materiais ativos para seus estados originais.

Quando a bateria de NiMh foi introduzida havia muita publicidade sobre ser livre de efeito memória. Hoje, sabe-se que essa química também sofre de memória, mas não tanto quanto a de NiCd. A placa positiva de níquel, um metal que é compartilhado por ambas as químicas, é responsável pela formação cristalina.

Além da atividade de formação de cristais na placa positiva, a bateria de NiCd também desenvolve cristais na placa negativa de cádmio. Porque ambas as placas são afetadas pela formação cristalina, a bateria de NiCd requer ciclos de descarga mais frequentes que a bateria de NiMh. Isto é uma explicação do porque a bateria de NiCd é mais propensa à memória que a de NiMh.

Baterias de lítio e à base de chumbo não são afetadas pelo efeito memória, mas essas químicas têm suas próprias peculiaridades. Camadas inibidoras de corrente afetam ambas as químicas – oxidação da placa na bateria de lítio e a sulfatação e corrosão nos sistemas de chumbo-ácido.

Esses efeitos degenerativos não são corrigíveis no sistema à base de lítio e apenas parcialmente reversíveis no de chumbo-ácido.

FORMATOS DAS BATERIAS NICD

A bateria cilíndrica continua a ser o formato mais usado para baterias NiCd.

As vantagens são facilidade de fabricação e boa estabilidade mecânica. O cilindro tem a capacidade de resistir altas pressões internas.

Quando carregando, a pressão da bateria NiCd pode alcançar 200 libras por polegada quadrada (PSI).

A maioria das células recarregáveis é equipada com uma válvula de segurança para liberar o excesso de pressão se carregadas incorretamente.

A válvula de segurança em uma célula de NiCd abre para uma pressão interna entre 150 e 200 psi. Em comparação, a pressão de um pneu de carro é tipicamente 30 psi.

A figura 13 mostra uma bateria convencional de NiCd.

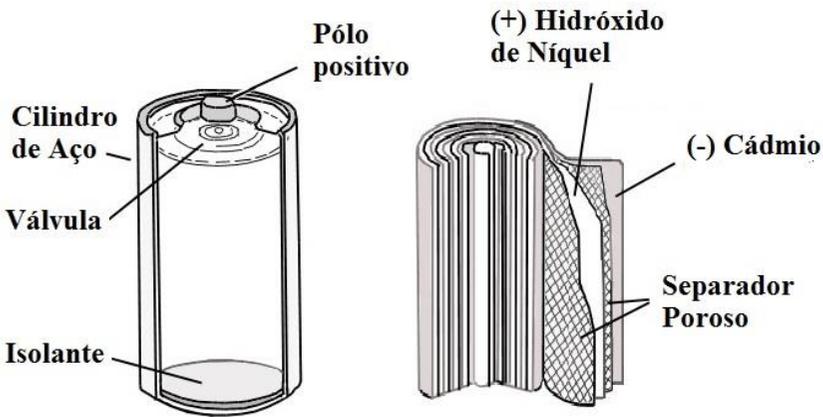


Figura 13 - Bateria cilíndrica de níquel cádmio

Outro formato para as baterias NiCd é o formato botão. A bateria botão foi desenvolvida para “miniaturizar” conjuntos de baterias e resolver problemas de empilhamento. Hoje, essa arquitetura é limitada a um pequeno nicho de mercado, principalmente backup de memória.

Baterias tipo botão, não recarregáveis, continuam a ser populares e podem ser encontradas em relógios, aparelhos auditivos e backup de memória.

Embora barata de se fabricar, a principal inconveniência é que não pode ser carregada ou descarregada muito rapidamente. Baterias botão não têm abertura de segurança e por causa disso podem ser carregadas apenas com carga lenta de 10 a 16 horas.



Figura 14 - Baterias de níquel cádmio tipo botão

TAMANHOS DAS BATERIAS NiCd

A tabela 1 mostra os tamanhos mais comuns no mercado brasileiro para baterias NiCd cilíndricas. Os tamanhos podem variar até 1 mm para mais ou menos, dependendo do fabricante.

Tamanho	Diâmetro (mm)	Altura (mm)
AAA	10.5	44.5
AAA (polo chato)	10.5	42.5
1/2 AA	14.2	30
2/3 AA	14.2	28.7
4/5 AA	14.2	43
AA	14.2	50
AA (polo chato)	14.2	48
1/2 A	17	25
2/3 A	17	28.5
4/5 A	17	43
A	17	50
4/3 A	17	67
1/2 SC	23	26
2/3 SC	23	28
4/5 SC	23	34
SC (sub C)	23	43
4/3 SC	23	50
1/2 C	26	24
C	26	46
D	33	58

Tabela 1 - Tamanho de baterias cilíndricas NiCd

RECARGA DE BATERIAS NICD

Fabricantes de baterias de NiCd recomendam que baterias novas sejam carregadas em modo lento por 24 horas antes do uso. Uma carga lenta ajuda a manter as células dentro das baterias em um nível de carga igual, porque cada célula se autodescarrega em diferentes níveis de capacidade. Durante uma armazenagem longa, o eletrólito tende a ir para o fundo da célula.

Alguns fabricantes de baterias não carregam completamente suas baterias antes da expedição.

Estas baterias atingem seu potencial total apenas depois de o cliente ter realizado diversos ciclos de carga e descarga, com um analisador de bateria ou através do uso normal.

Em muitos casos, de 50 a 100 ciclos de carga e descarga são necessários para se conseguir carregar completamente uma bateria à base de NiCd. Células de qualidade atingem plena capacidade após poucos ciclos de carga e descarga.

Muitos carregadores à venda no mercado são carregadores lentos que usam 10% da corrente nominal da bateria como corrente de carga, levando entre 14 e 16 horas para carregar completamente a bateria.

Tem circuito elétrico bastante simples, usando apenas um transformador, um diodo e uma resistência para limitar o valor da corrente de carga.



Figura 15 - Carregador de baterias NiCd

Carregadores rápidos frequentemente não protegem adequadamente a bateria, provocando uma redução na sua vida útil.

Alguns carregadores de baterias de NiCd medem o estado de carga da bateria através da temperatura.

Embora simples e barata, a terminação da carga por temperatura não é precisa.

Os termistores usados, comumente apresentam tolerância muito ampla. E, além disso, as variações na temperatura ambiente e exposição ao sol durante a recarga da bateria, também afetam a precisão da detecção de carga cheia.

Para prevenir o risco de interrupção da carga (cut-off) e assegurar carga plena, os fabricantes de carregadores usam 50°C como a temperatura recomendada para interrupção da carga (cut-off).

Embora uma temperatura acima de 45°C, por muito tempo, seja prejudicial para a bateria, um pico curto de temperatura acima desse nível é frequente durante a carga.

Carregadores de NiCd mais avançados sentem a taxa de elevação de temperatura, definida como dT/dt , ou a mudança na temperatura durante o tempo de carga, em vez de responder a uma temperatura absoluta. dT/dt é definida como “variação temperatura / variação tempo”.

Por causa da massa relativamente grande de uma célula e da propagação vagarosa do calor, usando esse método de carga, a bateria também poderá entrar numa condição de sobrecarga antes de uma carga plena ser detectada. O método dT/dt funciona apenas com carregadores rápidos.

A detecção mais precisa de carga cheia para baterias de NiCd pode ser alcançada com o uso de um micro controlador que monitora a tensão da bateria e termina a carga quando uma variação específica da tensão ocorre.

Durante a carga da bateria a tensão sobe até um determinado valor de pico, quando então cai para um valor pouco abaixo do valor de pico.

Uma queda na tensão significa que a bateria atingiu carga completa. Isso é conhecido como “Negative Delta V” (NDV) ou delta V negativo.

A figura 16 mostra um gráfico de tensão x tempo durante a carga rápida de uma bateria NiCd onde se pode notar o NDV.

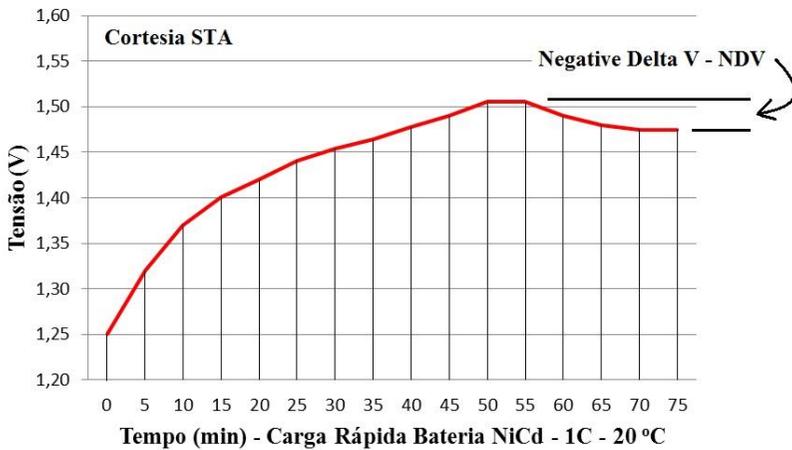


Figura 16 - NDV – delta V negativo para baterias NiCd

NDV é o método de detecção de carga plena recomendado para carregadores de NiCd de carga rápida porque ele oferece um tempo de resposta bastante rápido. A detecção de carga NDV também funciona bem com uma bateria parcialmente ou totalmente carregada. Se uma bateria totalmente carregada é inserida, a tensão terminal aumenta rapidamente e depois cai rapidamente. Tal carga dura apenas poucos minutos e as células permanecem frias.

Carregadores de NiCd baseados em detecção de carga completa NDV, tipicamente respondem a uma queda de tensão de 10 a 30mV por célula. Carregadores que respondem a um decréscimo de tensão muito pequeno tem melhor desempenho do que aqueles que requerem uma queda de tensão maior. Para obter uma queda de tensão suficiente, a taxa de carga deve ser de 0,5C ou maior. Taxas de carga menores que 0,5C produzem um decréscimo de tensão muito superficial, que é geralmente muito difícil de ser medido.

Carregadores usando o NDV devem incluir outros métodos de terminação de carga para fornecerem uma carga com segurança sob todas as condições. A maioria dos carregadores também monitora a temperatura da bateria.

O fator de eficiência de carga de uma bateria NiCd padrão é melhor em carga rápida do que em carga lenta. A uma taxa de carga de 1C, a eficiência de carga típica é 91%. Em uma carga lenta (0,1C), a eficiência cai para 71%. A uma taxa de 1C, o tempo de carga de uma NiCd é pouco maior que 60 minutos (66 minutos em uma

eficiência de carga assumida em 91%). A uma taxa de carga de 0,1C, o tempo de carga de uma NiCd vazia é de aproximadamente 14 horas.

Durante os primeiros 70% do ciclo de carga, a eficiência de carga de uma bateria de NiCd é perto de 100%. Quase toda a energia é absorvida e a bateria permanece fria. Passado o limiar de carga dos 70%, a bateria gradualmente perde a habilidade de aceitar carga. As células começam a gerar gases, a pressão aumenta e a temperatura aumenta. A aceitação de carga diminui quando a bateria alcança o estado de carga de 80 a 90%.

Uma vez alcançada a carga completa, a bateria entra em sobrecarga.

A figura a seguir mostra a tensão da célula, quando uma bateria de NiCd está sendo carregada (essas características são similares em baterias de NiMh).

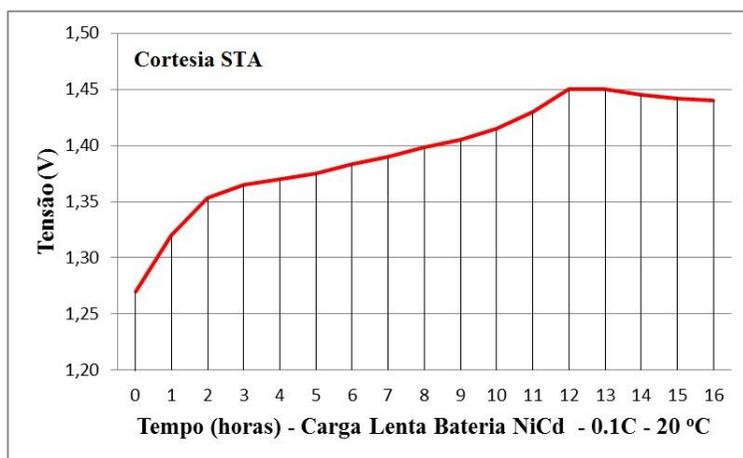


Figura 17 - Curva de carga lenta da bateria de NiCd

Baterias de NiCd de altíssima capacidade tendem a se aquecer mais do que as NiCd padrão se carregadas a 1C ou mais. Isto se deve à resistência interna mais alta da bateria de alta capacidade.

A otimização da carga pode ser alcançada aplicando-se uma corrente maior no estado inicial de carga, depois reduzindo a uma taxa menor conforme a aceitação decresce. Isso evita aumento de temperatura excessivo e ainda assegura baterias completamente carregadas.

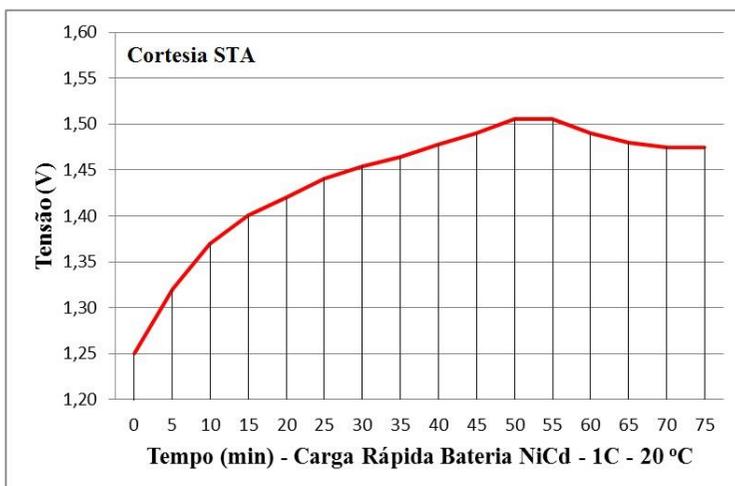


Figura 18 - Curva de carga rápida da bateria de NiCd

Intercalar pulsos de descarga entre pulsos de carga melhora a aceitação de carga das baterias à base de níquel. Esse método de carga estimula a área de superfície nos eletrodos, resultando em um desempenho elevado e aumento da vida de serviço. Também melhora o carregamento rápido porque ele ajuda a recombinar os gases gerados durante a carga. O resultado é uma carga mais fria e mais eficiente do que os carregadores convencionais. Este método de carregamento minimiza a formação cristalina. Pesquisas realizadas mostram que este método de carregamento adiciona 15% na vida da bateria de NiCd. Após carga completa, a bateria é mantida com uma carga pulsante para compensar a autodescarga. A carga pulsante para baterias de NiCd fica entre 0,05 e 0,1C. Em um esforço de reduzir o fenômeno de memória, existe uma tendência a se usar correntes de carga pulsante menores.

DESCARGA DAS BATERIAS NICD

A corrente de carga e descarga de uma bateria é medida em taxa C (C-Rate). A maioria das baterias portáteis, com exceção das de chumbo-ácido, são taxadas em 1C para descarga. Uma descarga de 1C extrai uma corrente igual à capacidade nominal. Por exemplo, uma bateria de 1000mAh fornece 1000mA por 1 hora se descarregada à taxa de 1C.

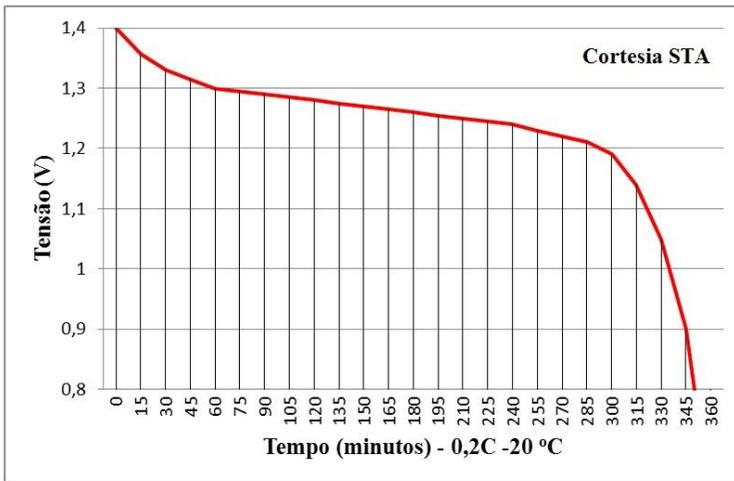


Figura 19 - Curva de descarga lenta da bateria de NiCd

A mesma bateria descarregada a 0,5C fornece 500mA por duas horas. A 2C, a mesma bateria entrega 2000mA por trinta minutos. 1C é frequentemente atribuído como uma descarga de uma hora; 0,5C como duas horas, e uma de 0,1C como uma descarga de dez horas.

A tensão típica de “fim de descarga” para baterias à base de níquel é de 1 volt por célula. Neste nível de tensão, aproximadamente 99% da energia é gasto e a tensão começa a cair rapidamente se a descarga continuar.

Deve-se evitar descarregar além da tensão de interrupção, especialmente sob carga pesada.

Desde que as células em um conjunto de baterias não podem ser perfeitamente combinadas, ocorre um potencial de tensão negativo (reversão de célula) através de uma célula mais fraca se a descarga continuar além do ponto de interrupção.

Quanto maior for o número de células conectadas em série, maior a probabilidade disto acontecer.

Uma bateria de NiCd pode tolerar uma quantidade limitada de reversão de célula, que é tipicamente de 0,2V.

Durante esse tempo, a polaridade do eletrodo positivo é invertida.

Tal condição pode apenas ser sustentada por pouco tempo porque o acúmulo de hidrogênio acontece no eletrodo positivo. Isto conduz ao acúmulo de pressão e abertura da célula.

Se a célula é empurrada para a reversão de voltagem, a polaridade de ambos os eletrodos está sendo invertida, resultando um curto-circuito. Este tipo de problema não pode ser corrigido e a bateria precisará ser trocada.

Se a bateria é descarregada a uma taxa maior que 1C, o ponto de fim de descarga de uma bateria a base de níquel é 0,9V por célula.

Isso é feito para compensar a queda de tensão induzida pela resistência interna da célula, pela fiação, pelos dispositivos de proteção e pelos contatos do conjunto.

Um ponto de interrupção mais baixo também oferece melhor desempenho em baixas temperaturas.

Descarregar uma bateria muito profundamente é um problema; equipamento que interrompe antes da energia ser consumida é outro problema.

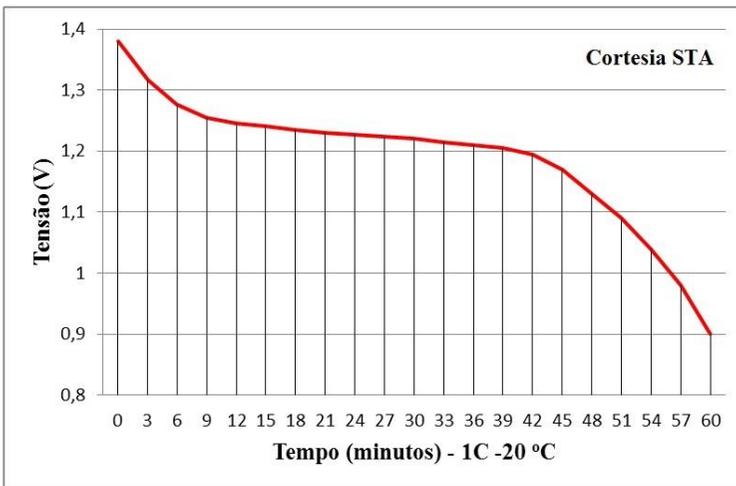


Figura 20 - Curva de descarga rápida da bateria de NiCd

Alguns dispositivos portáteis não são projetados adequadamente para colher toda a energia armazenada dentro de uma bateria. Energia valiosa pode ser deixada para trás se o ponto de interrupção de tensão for ajustado muito alto.

Dispositivos digitais exigem muito da bateria. Pulsos de carga momentâneos causam uma breve queda na tensão, o que pode empurrar a tensão da bateria para a região de interrupção. Baterias

com alta resistência interna são particularmente vulneráveis à interrupção prematura.

Se essa bateria é removida do equipamento e descarregada com um analisador de bateria, um nível alto de capacidade residual ainda pode ser obtido.

A maioria das baterias recarregáveis prefere uma descarga parcial ao invés de uma descarga completa. Descargas completas repetidas roubam a capacidade das baterias. A química da bateria que é a mais afetada por descarga profunda repetida é a de chumbo-ácido.

As baterias de NiCd são as menos afetadas por ciclos repetidos de descarga completa. Vários milhares de ciclos carga/descarga podem ser obtidos com esse sistema de bateria.

Esta é a razão pela qual as baterias de NiCd funcionam bem, por exemplo, em rádios de duas vias que estão em uso constante.

As baterias de NiMh são mais delicadas no que dizem respeito a ciclos repetidos de descarga profunda.

Diferentes métodos de descarga, especialmente descargas por pulsos, também afetam a longevidade de alguns tipos de baterias.

Enquanto as baterias de NiCd e Li-Ion são robustas e mostram deterioração mínima quando descarregadas por pulsos, as de NiMh mostram um ciclo de vida reduzido quando alimentam cargas digitais.

Baterias funcionam melhor em temperaturas ambientes.

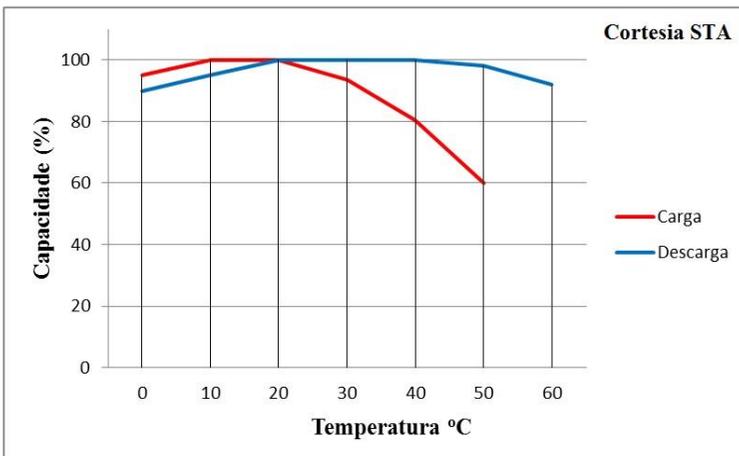


Figura 21 - Perda de capacidade x temperatura - NiCd

A operação de baterias em locais de temperaturas elevadas diminui suas vidas além de diminuir sua capacidade.

Baterias de NiCd podem ser recarregadas a temperaturas abaixo de 0°C caso a taxa de carga seja reduzida para 0,1C.

ESPECIFICAÇÃO BÁSICA DAS BATERIAS NICD

A especificação técnica das baterias NiCd varia em função do fabricante.

Entretanto algumas características são comuns no mercado, tais como tensão, capacidade, temperatura de operação, vida útil (número de ciclos de carga e descarga) e a tensão mínima na descarga (cut-off).

A tabela 2 mostra as principais especificações das baterias NiCd.

Tensão nominal	1,2 volts
Carga padrão	0,1C
Carga rápida	1C
Vida útil até redução de 20% na capacidade	800 ciclos a 20°C Carga a 0.1C Descarga a 0.2C
Temperatura de uso	0 a 60°C
Tensão mínima na descarga	1 volt

Tabela 2 - Especificação básica da bateria NiCd

ARMAZENAGEM DAS BATERIAS NICD

As químicas baseadas em níquel devem ser armazenadas em torno de um estado de carga de 40%. Isto minimiza a perda de capacidade relacionada com a idade, mantendo a bateria operacional e permitindo alguma autodescarga. O nível de carga para o armazenamento não é crítico para esta química, por isso basta aplicar alguma carga se a bateria estiver vazia e armazená-la em um lugar fresco e seco.

O armazenamento induz duas formas de perdas: autodescarga que pode ser corrigida com a carga antes do uso, e perdas não recuperáveis que diminuem a capacidade de maneira permanente.

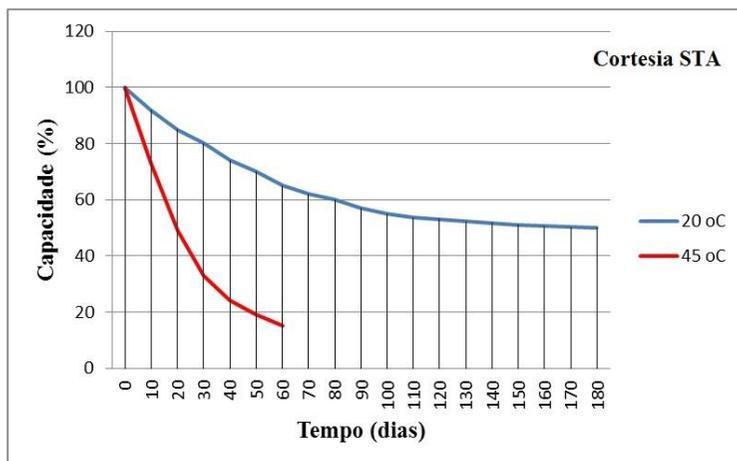


Figura 22 - Perda de capacidade x tempo de armazenagem

A temperatura de armazenamento recomendada para a maioria das baterias é de 20°C. As temperaturas máximas admissíveis são entre 0°C e 50°C para a maioria das químicas. As baterias são frequentemente expostas a temperaturas desfavoráveis. Deixar um telefone celular ou câmera no painel de um carro ou no sol quente são exemplos. Notebooks ficam quentes quando em uso e isso aumenta a temperatura da bateria.

A bateria NiCd pode ficar armazenada bastante tempo. É comum recuperar baterias de NiCd que estavam armazenadas há 5 anos. Consegue-se boa capacidade após a recuperação mesmo após longo tempo de armazenamento.

Ao armazenar, deve-se retirar a bateria do equipamento e colocá-la em local seco e fresco. Deve-se recarregar a bateria antes do uso.

DESCARTE DAS BATERIAS NICD

As baterias à base de chumbo e cádmio representam as maiores preocupações ambientais, tanto que o níquel-cádmio foi banido na Europa em 2009.

Existem tentativas de proibir a bateria à base de chumbo, mas não há substituição adequada, como foi o caso da substituição de níquel-cádmio pelo níquel-hidreto metálico. As baterias com substâncias tóxicas continuam a estar conosco e não há nada de errado em usá-las, desde que sejam descartadas corretamente.

Muitas pessoas usam pilhas e baterias e depois as jogam nos rios, nas praias, nas ruas ou terrenos baldios a céu aberto, enfim, no meio ambiente, sem saber que poderão estar envenenando seres humanos.

Pilhas e baterias que contém cádmio são altamente prejudiciais à saúde e se constituem num veneno lançado no meio ambiente. Essas pilhas e baterias jogadas no meio ambiente podem ser manuseadas por crianças.

Muitas vezes, pessoas guardam essas pilhas em casa junto de alimentos e remédios. Com o passar do tempo, as pilhas podem se oxidar e vazam substâncias tóxicas. Agricultores compram adubo orgânico que pode estar contaminado por metais pesados das pilhas e baterias.



Figura 23 - Descarte inadequado de baterias

O perigo ocorre também quando se joga uma pilha ou bateria dessas, no lixo comum, pois há o risco dessas substâncias entrarem na cadeia alimentar humana, causando sérios danos à saúde. Pode

ocorrer oxidação ou então alguma deformação mecânica que faz com que as substâncias vazem para o meio ambiente.

Essas substâncias atingem os lençóis freáticos, córregos e riachos. Entram nas cadeias alimentares através da ingestão da água ou de produtos agrícolas irrigados com água contaminada.

Cádmio é um agente cancerígeno e que pode causar danos ao sistema nervoso. Acumula-se, principalmente, nos rins, fígado e nos ossos; provoca dores reumáticas e mialgias, distúrbios metabólicos que levam à osteoporose, disfunção renal e câncer.

Devem-se comprar pilhas e baterias de empresas legalizadas. Fabricantes e importadores de pilhas e baterias têm que ter sua situação legalizada junto ao Ibama e junto aos órgãos de proteção ambiental como a Cetesb em São Paulo.

O mesmo não pode ser dito com relação a pilhas e baterias compradas de empresas não legalizadas. Infelizmente existem no mercado muitas pilhas e baterias de origem ilegal. Como não se conhece a procedência das pilhas e baterias, não há como garantir que as mesmas se encontram dentro dos padrões mínimos exigidos pela legislação brasileira.

Ao comprar uma bateria de origem ilegal, o consumidor poderá estar causando sérios danos ao meio ambiente.

No Brasil, a resolução 401 do Conama regulamenta a questão do descarte das baterias.

De acordo com essa resolução, as baterias de NiCd não devem ser jogadas no lixo, devendo ser encaminhadas para reciclagem. Elas devem ser entregues, após seu esgotamento energético, pelos usuários, aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas indústrias.

BATERIAS DE NÍQUEL HIDRETO METÁLICO NIMH

A BATERIA DE NIMH

A bateria de níquel-hidreto metálico tem uma alta densidade de energia se comparada com as baterias NiCd. Porém seu ciclo de vida é ligeiramente inferior ao das baterias NiCd.

As principais aplicações dessas baterias são telefones celulares, câmeras digitais e notebooks mais antigos.

O sucesso das baterias NiMh tem sido por causa de sua alta densidade de energia e pelo uso de metais não tóxicos. As baterias de NiMh oferecem até 100% a mais de densidade de energia em comparação com as baterias de NiCd.



Figura 24 - Bateria de níquel-hidreto metálico – NiMh

Tanto as baterias NiCd como as baterias NiMh têm uma alta taxa de autodescarga. A bateria de NiCd perde aproximadamente 10% de sua capacidade dentro das primeiras 24 horas, após o que a autodescarga é de 10% ao mês. A autodescarga das baterias de NiMh é 1,5 a 2 vezes a autodescarga das baterias NiCd.

As baterias de NiMh têm substituído as baterias de NiCd. Em muitas partes do mundo o consumidor é encorajado a usar baterias NiMh ao invés de baterias NiCd. Isto se deve a preocupações ambientais com o descarte das baterias em fim de vida útil.

Inicialmente mais caras que as baterias NiCd, atualmente as baterias NiMh têm preço bem próximo ao das baterias NiCd. Devido aos problemas ambientais, o consumo e a produção de baterias NiCd têm diminuído, o que provavelmente fará seu preço crescer.

VANTAGENS DAS BATERIAS NIMH

As principais vantagens das baterias NiMh, são:

- 50 a 100% maior capacidade que as baterias NiCd.
- Menor efeito memória.
- Armazenagem e transporte simples. O transporte não está sujeito a condições especiais.
- Não tóxica e não causa dano ao meio ambiente.

LIMITAÇÕES DAS BATERIAS NIMH

As principais limitações das baterias NiMh, são:

• Ciclos de carga repetidos e descarga profunda reduzem a vida útil da bateria. Seu desempenho se deteriora após 200 ou 300 ciclos. Descargas parciais ao invés de descarga profunda são preferidas pelas baterias NiMh.

• Corrente limitada de descarga. Embora as baterias NiMh possam fornecer altas correntes de descarga, descargas repetidas com correntes altas podem reduzir a vida útil da bateria. Melhores resultados são conseguidos com correntes de descarga de 0,2C a 0,5C (20 a 50 % da corrente nominal).

• Processo de carga mais complexo. As baterias NiMh geram mais calor durante o processo de carga e requerem um maior tempo

de carga que a NiCd. Atualmente, com os carregadores de baterias inteligentes esse problema foi resolvido.

- Alta taxa de autodescarga. As baterias de NiMh se autodescarregam em torno de 50 % mais rápido que as baterias NiCd.
- O desempenho da bateria se deteriora se armazenada em temperaturas elevadas. As baterias NiMh devem ser armazenadas num local fresco e a um estado de carga de aproximadamente 40%.
- Alta manutenção – as baterias requerem descargas completas regularmente para evitar a formação de cristais.
- São mais caras que as baterias NiCd.

FORMATOS DAS BATERIAS NIMH

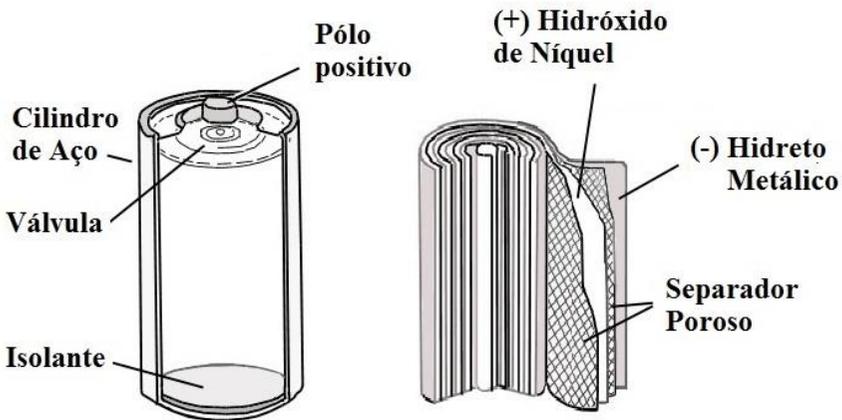


Figura 25 – Bateria cilíndrica de NiMh

A bateria cilíndrica é o formato mais usado para baterias NiMh e consiste numa espécie de sanduiche composto de placas de hidróxido de níquel, separadores e placas de hidreto metálico.

Na parte superior do cilindro existe uma válvula para aliviar a pressão interna da bateria, gerada pela produção de gases.

Uma boa variedade de tamanhos é disponível na família de NiMh, especialmente nos formatos menores de baterias.

As baterias NiMh também existem em formato botão. Baterias tipo botão não têm abertura de segurança e apenas podem ser carregadas com baixa corrente.



Figura 26 - Bateria de NiMh com 3 células tipo botão

TAMANHOS DAS BATERIAS NIMH

A tabela 3 mostra os tamanhos mais comuns no mercado para baterias NiMh cilíndricas.

Tamanho	Diâmetro(mm)	Altura(mm)
AAA	10.5	44.5
AAA (polo chato)	10.5	42.5
1/2 AA	14.2	30
2/3 AA	14.2	28.7
4/5 AA	14.2	43
AA	14.2	50
AA (polo chato)	14.2	48
1/2 A	17	25
2/3 A	17	28.5
4/5 A	17	43
A	17	50
4/3 A	17	67
1/2 SC	23	26
2/3 SC	23	28
4/5 SC	23	34
SC (sub C)	23	43
4/3 SC	23	50
1/2 C	26	24
C	26	46
D	33	58

Tabela 3 – Tamanhos de baterias NiMh

CARREGANDO BATERIAS NIMH

Os carregadores de NiMh são muito similares aos de NiCd, mas a eletrônica interna é geralmente mais complexa. Para começar, a NiMh produz uma queda de tensão muito pequena quando completamente carregada.

Esta queda de tensão é quase inexistente em taxas de carga abaixo de 0,5C e em temperaturas elevadas.

O NDV (queda de tensão) de um carregador de NiMh deve responder a uma queda de tensão de 16mV ou menos.

Aumentar a sensibilidade do carregador para responder à uma queda de tensão muito pequena, frequentemente termina a carga rápida com erro.

Flutuações de tensão e ruído induzido pela bateria e pelo carregador podem enganar o circuito de detecção NDV, se o circuito for ajustado muito precisamente.

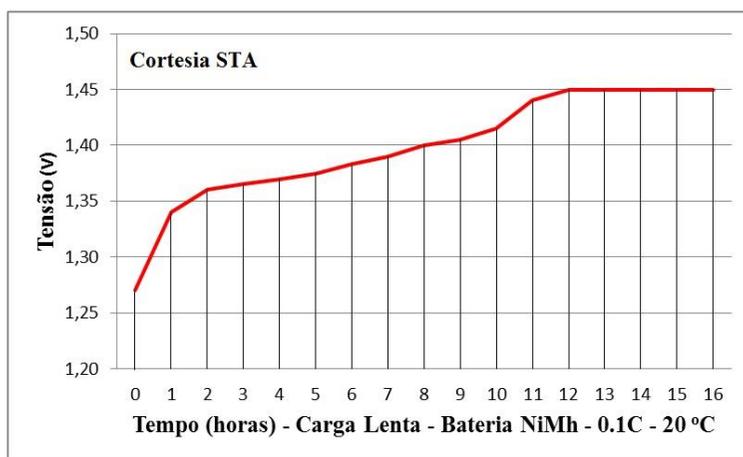


Figura 27 - Curva de carga lenta da bateria de NiMh

A popularidade das baterias de NiMh introduziu técnicas de carregamento inovadoras.

Baterias de NiMh que usam o método NDV ou controle de interrupção térmico tendem a entregar maiores capacidades que aquelas carregadas por métodos menos agressivos.

Similar aos métodos de carga NiCd, a maioria dos carregadores rápidos de NiMh funcionam com o aumento da taxa de temperatura (dT/dt). Uma elevação de temperatura em 1°C por minuto é usada para terminar a carga.

A interrupção por temperatura absoluta é 60°C . Uma carga de pico de $0,1\text{C}$ é adicionada por aproximadamente 30 minutos para maximizar a carga. A carga pulsante contínua que segue, mantém a bateria no estado de carga completa.

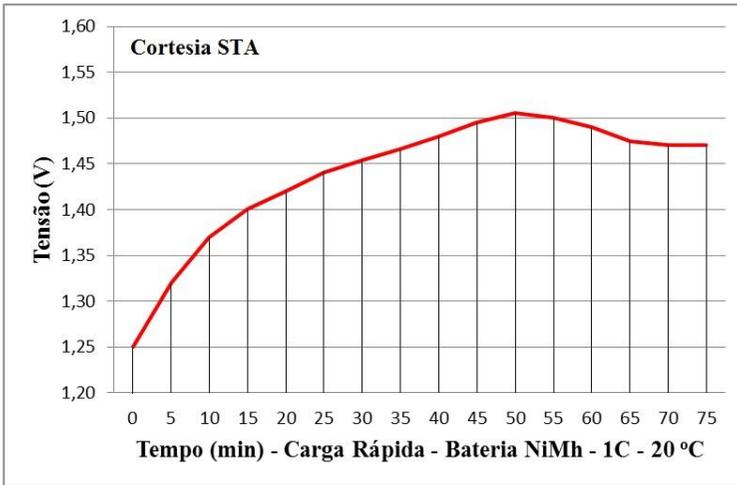


Figura 28 - Curva de carga rápida da bateria de NiMh

Aplicar uma carga rápida inicial de 1C funciona bem. Períodos de resfriamento de poucos minutos são adicionados quando certos picos de tensão são alcançados. A carga então continua a uma corrente mais baixa. Quando alcançar o começo da próxima carga, a corrente cai mais ainda. Este processo é repetido até que a bateria esteja completamente carregada.

Conhecido como “carga diferencial por etapas”, esse método de carga funciona bem com baterias de NiCd e NiMh. A corrente de carga se ajusta para o estado da carga, permitindo uma corrente alta no início e uma corrente mais moderada no final da carga. Isto evita o acúmulo excessivo de temperatura para o fim do ciclo de carga quando a bateria é menos capaz de aceitar carga.

A quantidade de carga pulsante aplicada para manter a carga completa é especialmente crítica. Pelo fato das baterias de NiMh não

absorverem bem sobrecargas, a carga pulsante deve ser ajustada mais baixa que a de NiCd. A carga pulsante recomendada para a bateria de NiMh é de 0,05C. Esta é a razão pela qual o carregador original de baterias NiCd não pode ser usado para carregar baterias de NiMh. Uma carga pulsante alta é aceitável para baterias de NiCd mas não para baterias de NiMh.

As baterias de NiMh devem preferencialmente serem carregadas em modo rápido, ao invés do modo lento. Uma corrente de carga mais alta permite melhor detecção de carga cheia. É difícil, se carregar uma bateria de NiMh em modo lento.

A uma taxa de 0,1C e 0,3C, os perfis de temperatura e tensão não exibem características definidas para medir precisamente o estado de carga cheia e o carregador deve depender de um temporizador. Pode ocorrer uma sobrecarga prejudicial se uma bateria parcialmente ou totalmente carregada for carregada em um carregador com um temporizador fixo.

O mesmo ocorre se a bateria tiver perdido a aceitação de carga devido à idade e puder reter apenas 50% da carga.

Um temporizador fixo que entrega sempre uma carga de 100% sem considerar a condição da bateria, no final acaba aplicando muita carga. Sobrecarga pode ocorrer mesmo se a bateria de NiMh estiver fria ao toque.



Figura 29 - Carregador para 800 baterias

Alguns carregadores mais baratos podem não aplicar uma carga completa. Nesses carregadores econômicos, a detecção de carga cheia pode ocorrer imediatamente depois de um pico de tensão ter sido alcançado ou o limiar de temperatura ser detectado.

A tabela a seguir resume as características de carregadores lentos, rápidos e super-rápidos. Esses valores se aplicam às baterias de NiMh e NiCd.

Tipo de Carregador	Tempo Carga	Taxa de Carga	Temp. Máx.	Método de Carga
Carregador Lento	14h	0.1C	0°C a 45°C	Limitador de corrente através de resistor fixo ou temporizador fixo. Sujeito à sobrecarga. Remover a bateria quando carregada.
Carregador Rápido	4h	0.3-0.5C	10°C a 45°C	Detecção de NDV e timer
Carregador Super-Rápido	1h	1C	10°C a 45°C	Detecção de NDV, dT/dt, temperatura absoluta e timer

Tabela 4 – Carregadores de bateria NiCd ou NiMh

DESCARGA DAS BATERIAS NIMH

As características de descarga das baterias de níquel-hidreto metálico são muito semelhantes às da bateria selada de níquel cádmio. A tensão de circuito aberto das baterias de ambos os sistemas varia de 1,25 a 1,35V. A tensão nominal é de 1,2V e a tensão final típica é de 1V.

Normalmente, para a bateria de níquel-hidreto metálico obtém-se o melhor desempenho entre 0°C e 40°C. As características de desempenho da bateria na descarga são afetadas moderadamente a temperaturas mais elevadas, mas diminuem mais significativamente

nas temperaturas de descarga mais baixas, principalmente devido ao aumento da resistência interna. Da mesma forma, os efeitos de uma mudança na temperatura são mais pronunciados nas taxas de descarga mais altas.

As curvas de descarga típicas para baterias NiMh cilíndricas são mostradas a seguir.

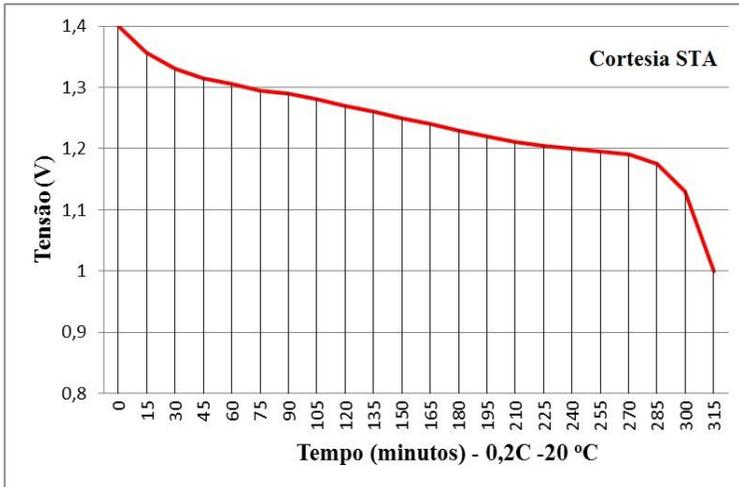


Figura 30 - Curva de descarga lenta da bateria de NiMh

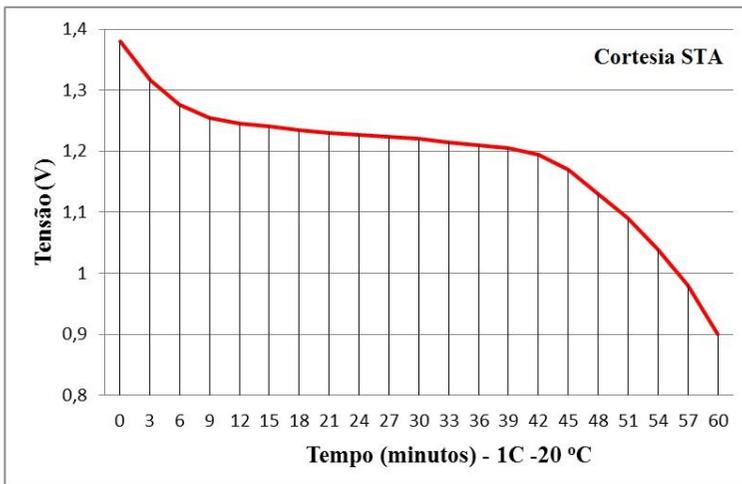


Figura 31 - Curva de descarga rápida da bateria de NiMh

A capacidade da bateria diminui mais notavelmente à medida que a corrente aumenta para além da taxa 3 a 4C. Uma queda na capacidade pode ser observada nas taxas de descarga mais baixas e temperaturas mais altas.

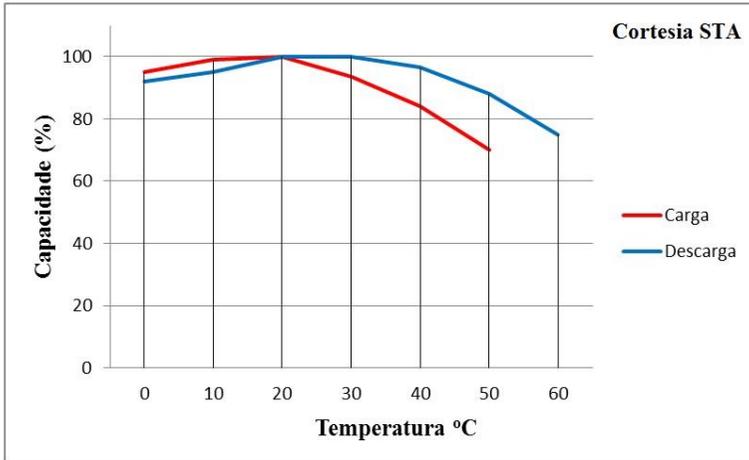


Figura 32 Perda de capacidade com a temperatura

Esta perda de capacidade é devida ao efeito da autodescarga. Quando uma bateria multicelular conectada em série é descarregada, uma célula pode atingir o ponto de descarga total antes das outras. Se a descarga for continuada, esta baixa capacidade da célula pode ser conduzida para uma condição de sobrecarga através de 0V e sua polaridade (tensão) invertida.

Uma descarga excessiva prolongada leva a gaseificação, aumento da pressão da célula, abertura do respirador de segurança e deterioração da célula. Quanto maior o número de células em série numa bateria multicelular, maior a possibilidade de que esta inversão de polaridade irá ocorrer. Para minimizar o efeito, sempre que três ou mais células são ligadas em série, as células selecionadas devem ter capacidades dentro da gama de 5%.

Além disso, um corte tensão de 1,0V por célula ou superior deve ser usada para taxas de descarga até 1C para evitar a possibilidade de qualquer célula entrar em reversão. Tensões de corte mais altas devem ser usadas para baterias com mais de 10 células em série e para taxas de descarga superiores a 1C.

ESPECIFICAÇÃO BÁSICA DAS BATERIAS NiMH

A especificação básica das baterias NiMH é muito similar às baterias NiCd.

Mais e mais produtos elétricos com funções sofisticadas exigem soluções de bateria extremamente compactas e leves proporcionando um elevado nível de densidade energética.

As baterias NiMH foram desenvolvidas e fabricadas para atender a essas necessidades, bem como para diminuir as agressões ao meio ambiente quando essas baterias são descartadas.

A tecnologia da bateria NiMH é a sucessora da tecnologia NiCd para dispositivos recarregáveis e portáteis.

A especificação técnica das baterias NiMH varia em função do fabricante. Entretanto algumas características são comuns no mercado, tais como tensão, capacidade, temperatura de operação, vida útil (número de ciclos de carga e descarga) e a tensão mínima na descarga (cut-off).

A tabela 5 mostra as principais especificações das baterias NiMH.

Tensão nominal	1,2 volts
Carga padrão	0,1C
Carga rápida	1C
Vida útil até redução de 20% na capacidade	800 ciclos a 20 °C - Carga a 0.1C e Descarga a 0.2C
Temperatura de uso	0 a 60°C
Tensão mínima na descarga	1 volt

Tabela 5 – Especificação básica das baterias NiMH

ARMAZENAGEM DAS BATERIAS NiMH

O estado de carga e capacidade da bateria de níquel-hidreto metálico diminui durante o armazenamento, devido à autodescarga.

Isto é causado pela reação do hidrogênio residual na célula.

A taxa de autodescarga depende da temperatura e do tempo de armazenamento.

Quanto maior a temperatura, maior a taxa de autodescarga. Isso está ilustrado na figura 33, que mostra a retenção de carga para baterias cilíndricas de níquel-hidreto metálico sendo armazenadas a diferentes temperaturas por períodos variáveis de tempo.

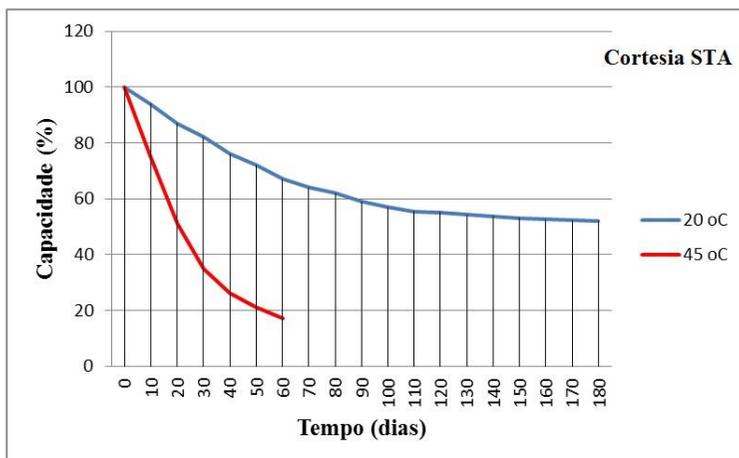


Figura 33 - Perda de capacidade x tempo de armazenagem

O gráfico refere-se a uma bateria descarregada à taxa de descarga de 0,2C a 20°C.

A retenção de carga ou capacidade depende também do tamanho da célula, do projeto da célula, da descarga, das condições de carga e outros fatores.

Quanto mais rigorosa for a condição de descarga tal como uma taxa mais elevada ou uma temperatura mais baixa, por exemplo, menor será a retenção de capacidade.

Em geral, o armazenamento em longo prazo da célula de níquel-hidreto metálico, quer numa condição descarregada ou carregada, não tem efeito permanente sobre sua capacidade.

As perdas de capacidade e autodescarga são reversíveis e as baterias podem recuperar a plena capacidade de recarga.

O armazenamento de longo prazo a altas temperaturas, semelhante ao funcionamento em temperaturas elevadas, podem deteriorar vedantes e separadores e podem causar danos permanentes, como perda de capacidade e duração total da bateria.

A faixa de temperatura recomendada para o armazenamento em longo prazo de células NiMh é de 20 a 30°C.

Devem-se armazenar as baterias num local seco com baixa umidade, sem gases. Armazenar as baterias em um local onde a umidade é alta pode levar à ferrugem de peças metálicas.

Baterias de NiMh podem ser armazenadas de 3 a 5 anos. A queda de capacidade que ocorre durante o armazenamento é parcialmente reversível.

DESCARTE DAS BATERIAS NIMH

As baterias de NiMh contêm metais que podem ser prejudiciais para as pessoas e o meio ambiente.

Em grandes quantidades, o níquel pode ser perigoso para a saúde humana e animal. É um carcinógeno conhecido, pode causar doenças cardiovasculares e pressão arterial elevada e também pode danificar o fígado e rins.

As baterias de NiMh são consideradas melhores para o ambiente do que as baterias de NiCd, que contêm o metal pesado tóxico cádmio.

Mesmo assim, as baterias de NiMh podem poluir o meio ambiente. Devido a isso, é uma boa ideia mantê-las fora do lixo comum.

Os importadores e fabricantes de baterias tem que receber de volta as baterias em fim de vida útil para enviá-las para reciclagem em empresas credenciadas pelos órgãos ambientais.

Quando as baterias forem descartadas é adequado que se isole seus terminais com fita isolante para evitar que baterias mesmo com pouca energia entrem em contato umas com as outras, provocando curto-circuito e até incêndio.

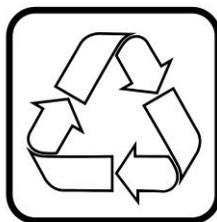
Em nenhuma circunstância as baterias devem ser incineradas, pois o fogo pode causar uma explosão.

Caso haja vazamento de eletrólito, usar luvas apropriadas. Em caso de exposição à pele, lavar imediatamente com água.

Se a exposição ocular ocorrer, lavar com água por 15 minutos e consultar um médico imediatamente.



Ni-Cd



Ni-MH



Li-ion



Pb

Figura 34 - Símbolos para indicar reciclagem de baterias

BATERIA DE CHUMBO-ÁCIDO

A BATERIA DE CHUMBO-ÁCIDO

É a bateria mais econômica quando o problema do peso pode ser desprezado.

É bastante usada em equipamentos hospitalares, cadeira de rodas elétricas, luz de emergência e nobreaks.

Inventadas em 1859 pelo físico francês Gaston Planté, as baterias de chumbo-ácido foram as primeiras baterias para uso comercial.

Atualmente as baterias de chumbo-ácido são usadas em automóveis, empilhadeiras e grandes sistemas de fornecimento de energia elétrica ininterrupta (nobreaks).



Figura 35 - Bateria de chumbo-ácido

Durante a metade dos anos 70, os pesquisadores desenvolveram uma bateria chumbo-ácido livre de manutenção, que pode operar em qualquer posição. O eletrólito líquido foi transformado em separadores umedecidos e o invólucro foi selado. Válvulas de segurança foram adicionadas para permitir a liberação do gás durante a carga e descarga.

Direcionada a várias aplicações, surgiram duas designações para essas baterias. São elas:

- SLA (sealed lead acid – bateria selada chumbo-ácido)
- VRLA (valve regulated lead acid – bateria chumbo-ácido regulada por válvula)

Tecnicamente ambas as baterias são as mesmas. Não há uma definição clara de quando uma bateria deixa de ser SLA e passa a ser VRLA. Engenheiros podem argumentar que a palavra “bateria selada” é um engano já que nenhuma bateria pode ser totalmente selada. Em essência, todas são reguladas com válvulas.

As baterias SLA tem uma faixa típica de capacidade que vai de 0,2Ah até 30Ah. Os usos típicos são nobreaks para computadores, pequenas unidades de iluminação de emergência e cadeiras de rodas elétricas.

As baterias VRLA são usadas em aplicações estacionárias.

Sua capacidade vai de 30Ah até vários milhares de Ah e são encontradas em nobreaks de grande porte. Usos típicos são em repetidoras telefônicas, centros de distribuição de energia, hospitais, bancos, aeroportos e instalações militares.

Ao contrário das baterias de chumbo-ácido com eletrólito líquido, ambas as baterias SLA e VRLA são projetadas para uma baixa sobretensão, de forma a evitar a formação de gases durante a carga.

Carga em excesso pode causar aparecimento de gás e depleção de água. Consequentemente, as baterias SLA e VRLA não podem nunca ser recarregadas em todo seu potencial.

Entre as baterias recarregáveis modernas, a família das baterias de chumbo-ácido tem a menor densidade de energia.

Como estamos nos focando em aplicações portáteis vamos tratar daqui para diante exclusivamente das baterias SLA.

As baterias SLA não estão sujeitas ao efeito memória. Deixar a bateria em carga flutuante por um período de tempo prolongado não causa nenhum dano.

A retenção de carga é a melhor entre todas as baterias recarregáveis. Enquanto que as baterias NiCd autodescarregam aproximadamente 40 % da sua energia armazenada em três meses, a bateria SLA se autodescarrega na mesma quantidade no período de um ano.

A bateria SLA é relativamente barata de se comprar, mas os custos operacionais podem ser maiores que os das baterias NiCd quando são exigidos da bateria ciclos repetitivos a plena carga.

As baterias SLA devem sempre ser armazenadas carregadas. Deixar a bateria descarregada causa sulfatação, uma condição que torna difícil, se não impossível, recarregar as baterias.

Diferente das baterias de NiCd, as baterias SLA não gostam de ciclos profundos. Uma descarga completa causa um esforço extra e cada ciclo de carga/descarga rouba uma pequena quantidade da capacidade da bateria. Essa perda é muito pequena enquanto a bateria está em boas condições de operação, mas se torna mais aguda uma vez que o desempenho cai abaixo de 80% da sua capacidade nominal.

Esta característica de redução também se aplica para outras químicas de baterias em graus variáveis. Para prevenir o problema da descarga profunda repetitiva, recomenda-se uma bateria SLA de maior capacidade.

Dependendo da profundidade de descarga e temperatura de operação, a bateria SLA fornece 200 a 300 ciclos de carga/descarga.

A primeira razão para seu ciclo de vida relativamente curto é corrosão da grade do eletrodo positivo, depleção do material ativo e expansão das placas positivas. Essas mudanças são predominantes em temperaturas de operação mais altas. Aplicar ciclos de carga/descarga não previne ou inverte essa tendência.

Existem alguns métodos que melhoram o desempenho e prolongam a vida da bateria SLA.

A temperatura de operação otimizada para uma bateria VRLA é de 25°C. Em geral, cada 8°C de aumento de temperatura irá cortar a vida da bateria pela metade.

A bateria VRLA que deveria durar 10 anos a 25°C, terá sua vida reduzida para apenas 5 anos se operada a 33°C. A mesma bateria aguentaria pouco mais de um ano a uma temperatura de 42°C.

VANTAGENS DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

As principais vantagens das baterias de chumbo-ácido são:

- Baratas e simples de se fabricar - em termos de custo por watt hora, a bateria SLA é a menos cara.

- Tecnologia madura, confiável e bem compreendida. Quando usada corretamente, a bateria SLA é durável e fornece serviço seguro.

- Autodescarga baixa. Está entre as mais baixas entre as baterias recarregáveis.

- Exigências de manutenção baixas. Sem memória; nenhum eletrólito para encher.

- Capaz de taxas elevadas de descarga.

LIMITAÇÕES DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

As principais limitações das baterias de chumbo-ácido são:

- Não pode ser armazenada em uma condição descarregada. A tensão da célula não deve cair abaixo de 2,1 Volts

- Densidade baixa da energia

- Permite somente um número limitado de ciclos de descarga. Bem adequada para aplicações de espera que requerem somente descargas profundas ocasionais.

- São hostis ao meio ambiente. O eletrólito e o conteúdo da carga podem causar danos ambientais.

- Limitações do transporte. Existem interesses ambientais a respeito do derramamento no caso de um acidente.

- Fuga térmica pode ocorrer com carregamento impróprio.

- A bateria SLA tem uma densidade de energia relativamente baixa comparada com outras baterias recarregáveis, tornando-a inadequada para dispositivos de mão que exigem um tamanho compacto. Além disso, o desempenho em baixas temperaturas é amplamente reduzido.

- A bateria SLA é taxada em 0,2C ou 5 horas de descarga. Algumas baterias são até taxadas a uma baixa descarga de 20 horas. Tempos de descarga maiores produzem leituras de capacidade maiores. A bateria SLA funciona bem em altos pulsos de corrente.

- Em termos de descarte, a SLA é menos prejudicial do que a bateria de NiCd, mas o alto conteúdo de carga torna a SLA inimiga do ambiente. As baterias de chumbo-ácido devem ser recicladas. As baterias em fim de vida útil devem ser removidas de casa. Baterias velhas podem vaziar e causar danos ao meio ambiente. Não se devem guardar baterias de chumbo-ácido onde crianças brincam. Simplesmente tocar os polos de chumbo pode ser prejudicial. Apesar de ambientalmente hostis, as baterias de chumbo-ácido continuam a deter um nicho de mercado forte.

FORMATOS DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

A maioria das baterias seladas de chumbo-ácido é construída em um formato prismático, utilizando uma caixa retangular que é comumente feita de materiais plásticos.



Figura 36 – Formatos das baterias de chumbo-ácido

As placas são feitas de liga de chumbo-cálcio. Os separadores são feitos de fibra de vidro com alta porosidade que mantém o eletrólito adequado para a reação com o material ativo das placas.

O sistema de válvulas, que funciona de 1 psi a 6 psi, é projetado para liberar o excesso de gás e manter a pressão interna dentro da melhor faixa de segurança. Se a pressão interna aumenta para um nível anormal durante a sobrecarga, a válvula de segurança se abre para liberar gás. Assim, elimina-se o perigo de ruptura.

Os terminais podem ser de tipo fasten ou para modelos de capacidade maior os terminais podem ser tipo porca e parafuso.

As caixas para as baterias seladas são fabricadas com resina de plástico ABS com retardador de chama. Cada bateria de 6V tem 3 células e a de 12V tem 6 células. A tampa e a caixa de plástico ABS são seladas por um epóxi resistente a ácidos.

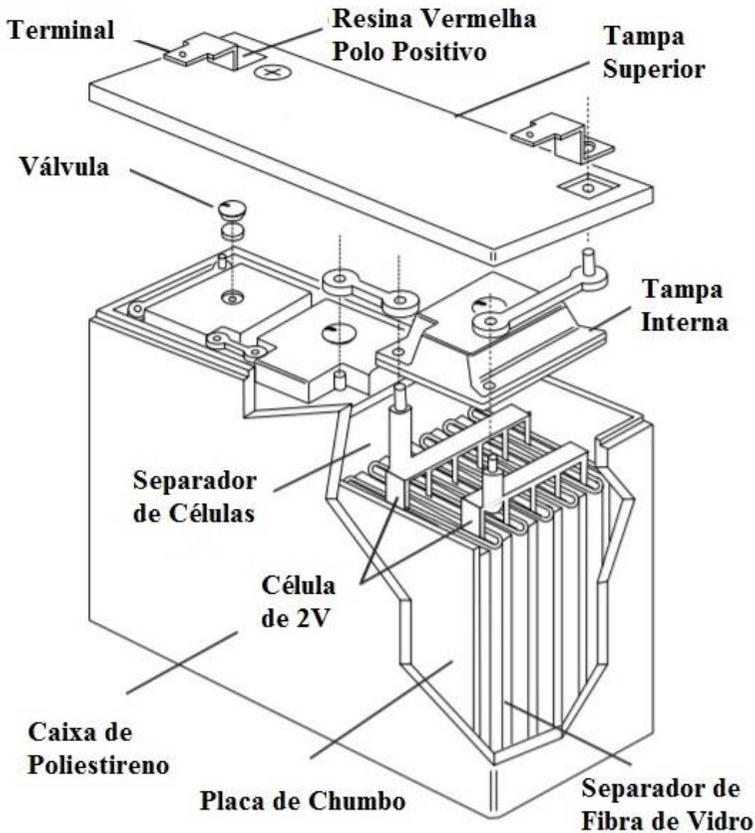


Figura 37 - Componentes da bateria de chumbo-ácido

TAMANHOS DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

A tabela 6 mostra os tamanhos mais comuns no mercado brasileiro para baterias seladas. Os tamanhos podem variar até 1 mm para mais ou menos, dependendo do fabricante.

Tensão (V)	Capacidade (Ah)	Dimensões (mm)
6	1	42 x 51 x 51
6	1.2	97 x 25 x 51
6	3.0	134 x 34 x 60
6	4	70 x 47 x 101
6	4.5	70 x 48 x 102
6	5	70 x 48 x 102
6	7	151 x 34 x 94
6	8	151 x 50 x 94
6	8	98 x 56 x 118
6	10	151 x 50 x 94
6	12	151 x 50 x 94
6	13	108 x 71 x 140
6	33	181 x 76 x 166
12	1.2	97 x 45 x 53
12	1.9	178 x 34 x 60
12	2.3	178 x 34 x 60
12	3 ou 3.6	134 x 67 x 60
12	4	90 x 70 x 102
12	4.5	90 x 70 x 102
12	5	90 x 70 x 102
12	7	151 x 65 x 93
12	7.5 ou 8	151 x 65 x 93
12	8	112 x 98 x 118
12	8	196 x 56 x 118
12	12	151 x 98 x 94
12	15	181 x 76 x 166
12	17	181 x 76 x 166
12	24	175 x 166 x 125
12	26	175 x 166 x 125
12	28	175 x 166 x 125
12	33	195 x 129 x 155
12	33	210 x 129 x 168
12	40	196 x 165 x 171

Tabela 6 – Tamanhos de baterias seladas

CARREGAMENTO DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

A forma de carga para baterias de chumbo-ácido difere das de NiCd no limite de tensão, ao invés do limite de corrente a ser usado.

O tempo de carga de uma bateria de chumbo-ácido (selada) é de 12 a 16 horas. Com correntes de carga maiores e métodos de carga multiestágios, o tempo de carga pode ser reduzido para 10 horas ou menos. As baterias de chumbo-ácido não podem ser carregadas tão rapidamente quanto às de NiCd.

Um carregador multiestágio aplica carga em três estágios:

- Corrente constante
- Carga de pico
- Carga de flutuação.

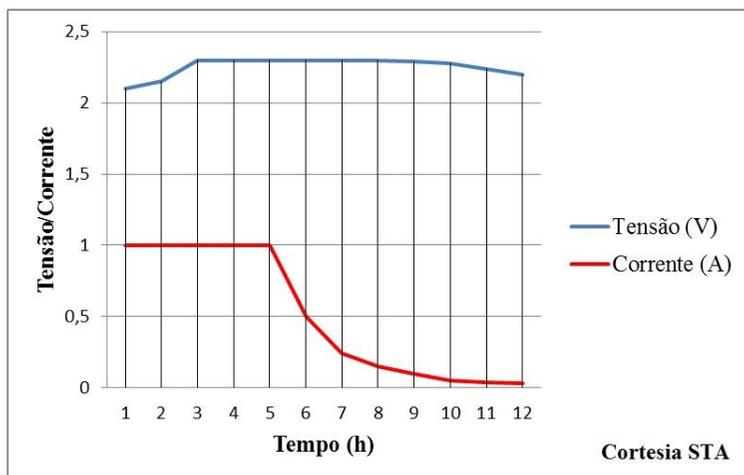


Figura 38 - Curva de carga de bateria selada

Durante a carga em corrente constante, a bateria carrega 70% em aproximadamente 5 horas.

Os 30% restantes são completados por uma carga lenta de pico. A corrente de pico dura mais 5 horas e é essencial para o bem estar da bateria.

É crítico o ajuste correto do limite de tensão de pico da célula. Um limite de tensão crítico é de 2,30V até 2,45V. Se uma carga lenta é aceitável, ou se a temperatura ambiente exceder 30°C, o limite de

tensão recomendável é 2,35 Volts por célula. Se for preciso um carregador rápido e a temperatura ambiente permanecer abaixo de 30°C, poderá ser usado de 2,40V a 2,45V por célula.

Se a bateria não estiver completamente carregada, a bateria de chumbo-ácido irá eventualmente perder sua habilidade de aceitar uma carga completa e o desempenho da bateria será reduzido.

O terceiro estágio é a carga de flutuação, que compensa a autodescarga depois da bateria ter sido carregada completamente.

Uma vez completamente carregada e pronta para uso, uma carga de flutuação é aplicada e mantida constante em um nível de tensão mais baixo. A tensão de carga de flutuação recomendada para a maioria das baterias de chumbo-ácido é entre 2,25 a 2,30V por célula.

A tensão de carga de flutuação ótima muda com a temperatura. Uma temperatura maior exige tensões inferiores e uma temperatura inferior exige tensões maiores. Carregadores que são expostos a grandes flutuações de temperatura são equipados com sensores de temperatura para aperfeiçoarem a tensão de flutuação.

Carregar uma bateria selada de chumbo-ácido usando corrente de flutuação não é adequado. A bateria precisa estar carregada completamente para evitar sulfatação na placa negativa, mas não precisa estar supersaturada, que causa corrosão na grade na placa positiva. Diferenças no envelhecimento das células criam outro desafio em achar a tensão de carga de flutuação otimizada.

Com o desenvolvimento de bolsas de ar dentro das células, algumas baterias mostram geração de hidrogênio quando são sobrecarregadas. Outras sofrem recombinação de oxigênio. Uma vez as células conectadas em série, o controle da tensão individual da célula é virtualmente impossível. Se a tensão aplicada na célula é muito alta ou muito baixa para uma dada célula, a célula mais fraca se deteriora mais e a condição dela se torna mais pronunciada com o tempo.

Empresas têm desenvolvido dispositivos de balanceamento de células que corrigem alguns desses problemas, mas esses dispositivos apenas podem ser aplicados se o acesso às células individuais for possível.

A ondulação (ripple) da tensão de carga também causa problemas em baterias de chumbo-ácido, especialmente nas de

chumbo-ácido reguladas por válvulas. O pico da tensão de ondulação constitui uma sobrecarga, causando geração de hidrogênio.

Uma bateria selada de chumbo-ácido deve ser armazenada em estado carregado.

Uma carga de pico deve ser aplicada a cada 6 meses para evitar que a tensão caia para menos de 2,10V por célula. O valor da corrente de pico pode ser diferente para cada fabricante. Sempre se devem seguir os intervalos de tempo recomendados pelo fabricante.

Medindo a tensão de uma célula aberta enquanto armazenada, pode-se obter uma indicação do nível de carga aproximada. Uma tensão de 2,11V, se medida à temperatura ambiente, revela que a célula tem uma carga de 50% ou mais. Se a tensão está neste limiar, a bateria está em uma boa condição e apenas precisa de um prévio ciclo de carga completo para ser usada. Se a tensão cai para menos de 2,10V, vários ciclos de carga e descarga podem ser necessários para fazer a bateria ter a capacidade total.

Quando se medir a tensão terminal de qualquer célula, a temperatura de armazenamento deve ser observada. Uma bateria fria aumenta a tensão e uma morna, diminui a tensão.

Baterias plásticas seladas de chumbo-ácido que chegam dos vendedores com menos de 2,10V por célula são rejeitadas por alguns compradores que inspecionam a bateria durante o controle de qualidade. Tensão baixa sugere que a bateria pode ter um defeito que não pode ser corrigido com a ciclagem. Embora a ciclagem possa aumentar a capacidade dessas baterias, os ciclos extras comprometem a vida de serviço da bateria. Além disso, o tempo e o equipamento exigidos para fazer a bateria estar completamente funcional, são acrescidos ao custo operacional.

As baterias de chumbo-ácido são preferidas para utilização em sistemas de “nobreak”. Durante carga de flutuação prolongada, uma carga de pico periódica, também conhecida como “carga de equalização”, é recomendável para carregar completamente as placas e prevenir sulfatação. Uma carga de equalização aumenta a tensão da bateria por várias horas para um nível de tensão acima do especificado pelo fabricante. Perda de eletrólito através da temperatura elevada pode ocorrer se a carga de equalização não for administrada corretamente. Pelo fato de não se poder adicionar nenhum líquido nos sistemas de baterias seladas de chumbo-ácido reguladas por válvula, uma redução do eletrólito causará um dano

irreversível. Fabricantes estão divididos em relação aos benefícios da carga de equalização.

Acredita-se que algum exercício, ou breve descarga periódica possa prolongar a vida da bateria de chumbo-ácido. Se aplicada uma vez por mês como parte de um programa de exercício, a profundidade de descarga deve apenas ser aproximadamente 10% da capacidade total. Uma descarga total como parte de uma manutenção regular não é recomendada porque cada ciclo profundo de descarga rouba a vida de serviço da bateria.

Mais experimentos são necessários para verificar as vantagens de exercitar baterias de chumbo-ácido. Novamente, fabricantes expressam diferentes visões de como manutenções preventivas devem ser executadas. Alguns especialistas preferem carga de pico enquanto que outros recomendam descargas programadas.

Desconectar a carga de flutuação enquanto a bateria de chumbo-ácido regulada por válvula está em espera é outro método de prolongar a vida da bateria. De tempos em tempos, uma carga de pico é aplicada para reabastecer a energia perdida através da autodescarga. Isso é feito para diminuir a corrosão da célula e prolongar a vida da bateria. A bateria é mantida como se estivesse em armazenamento. Isto apenas funciona em aplicações que não extraíam uma corrente durante a espera.

DESCARGA DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

A maioria das baterias portáteis, com exceção das de chumbo-ácido, são taxadas em 1C. Uma bateria que não trabalha bem a uma taxa de descarga de 1C é a selada de chumbo-ácido. Para obter uma leitura de capacidade prática, os fabricantes comumente taxam essas baterias em 0,05C ou descarga de 20 horas. Mesmo com esta taxa de descarga lenta, frequentemente é difícil alcançar a capacidade de 100%. Ao descarregar uma bateria selada de chumbo-ácido a uma descarga de 5 horas (0,2C), as leituras de capacidade são correspondentemente menores. Para compensar as diferentes leituras em várias correntes de carga, os fabricantes oferecem um equilíbrio de capacidade.

O ciclo de vida de uma bateria selada de chumbo-ácido está diretamente relacionado com a profundidade de descarga. O número

típico de ciclos de carga/descarga a 25°C no que diz respeito à profundidade de descarga é: 150 a 200 ciclos com 100% de profundidade de descarga (descarga completa); 400 a 500 ciclos com 50% de profundidade de descarga (descarga parcial); 1000 ciclos ou mais com 30% de profundidade de descarga (descarga rasa).

A bateria selada de chumbo-ácido não deve ser descarregada além de 1,75V por célula, nem pode ser armazenada em um estado descarregado. As células de uma bateria selada de chumbo-ácido “sulfatam”, uma condição que torna a bateria inútil se deixada nesse estado por alguns dias.

A maioria das baterias recarregáveis prefere uma descarga parcial ao invés de uma descarga completa. Descargas completas repetidas roubam a capacidade das baterias. A química da bateria que é a mais afetada por descarga profunda repetida é a de chumbo-ácido.

As baterias de chumbo-ácido funcionam melhor em descargas lentas de 20 horas.

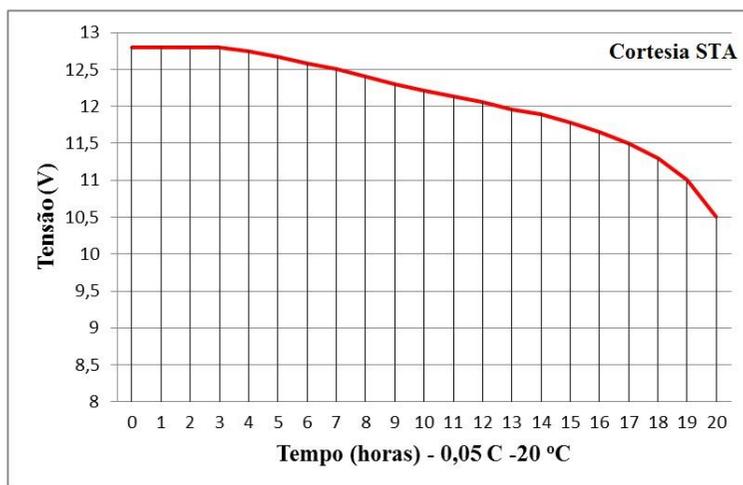


Figura 39 - Curva de descarga de bateria selada

Uma descarga por pulsos também trabalha bem porque os períodos de descanso entre pulsos ajudam a dispersar as concentrações ácidas esgotadas de volta à da placa do eletrodo.

Em termos de capacidade, esses dois métodos de descarga fornecem a máxima eficiência para essa química de bateria. Uma descarga a uma capacidade de 1C fornece a menor eficiência para

baterias de chumbo-ácido. Manifesta-se em um aumento momentâneo da resistência interna devido à depleção de material ativo na reação.

Baterias funcionam melhor em temperaturas ambientes. A operação de baterias em locais de temperaturas elevadas diminui suas vidas. Embora as baterias de chumbo-ácido forneçam a maior capacidade a temperaturas acima de 30°C, o uso prolongado sob tais condições diminuem a vida da bateria. Em baixas temperaturas, o desempenho de todas as químicas de baterias cai drasticamente. É importante lembrar que embora uma bateria seja capaz de operar em baixas temperaturas, isto automaticamente não significa que ela possa ser carregada sob essas condições. A aceitação de carga para a maioria das baterias em baixas temperaturas é extremamente restrita.

ESPECIFICAÇÃO DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

A especificação técnica das baterias seladas de chumbo-ácido varia em função do fabricante. Entretanto algumas características são comuns no mercado, tais como tensão, capacidade, temperatura de operação, vida útil (número de ciclos de carga e descarga) e a tensão mínima na descarga (cut-off). A tabela 7 mostra as principais especificações das baterias seladas.

Tensão Nominal por célula	2 volts
Carga Padrão	0,2 C
Vida Útil	300 ciclos
Temperatura de Uso	-20 a 60 °C
Tensão Mínima na Descarga	1 volt

Tabela 7 – Especificação das baterias de chumbo-ácido

ARMAZENAGEM DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

A temperatura de armazenamento recomendada para a maioria das baterias é de 15°C. A temperatura máxima admissível é de -40°C a 50°C para a maioria das químicas. A bateria de chumbo-ácido deve sempre ser mantida com carga completa durante o armazenamento.

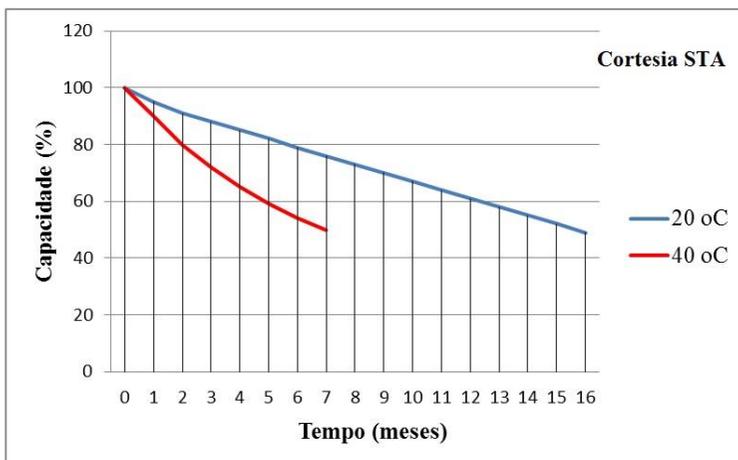


Figura 40 - Perda de capacidade x tempo de armazenagem

Pode-se armazenar uma bateria selada de chumbo ácido por até dois anos. Uma vez que todas as baterias gradualmente se autodescarregam ao longo do tempo é importante verificar a tensão das baterias ao longo do período de armazenagem.

Aplicar uma carga quando a bateria cai para 70% do estado de carga, ou uma tensão em aberto de 2,07V por célula ou 12,42V para uma bateria de 12V. Baterias de chumbo-ácido podem ter leituras diferentes, e é melhor verificar o manual de instruções do fabricante.

Em caso de ruptura da bateria, vazamento de eletrólito ou qualquer outra causa de exposição ao eletrólito, lavar imediatamente com água. Se ocorrer exposição dos olhos, lavar com água por 15 minutos e consultar um médico imediatamente. Usar luvas aprovadas ao tocar o eletrólito, chumbo e cádmio. Em caso de exposição à pele, lavar imediatamente com água.

DESCARTE DAS BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

As baterias à base de chumbo e cádmio representam as maiores preocupações ambientais, tanto que o níquel-cádmio foi banido na Europa em 2009.

Existem tentativas de proibir a bateria à base de chumbo, mas não há substituição adequada, como foi o caso da substituição da bateria de níquel-cádmio pela bateria de níquel-hidreto metálico.

As baterias de chumbo-ácido abriram o caminho para o sucesso da reciclagem. A reciclagem de baterias de chumbo-ácido começou com a introdução da bateria de arranque em 1912.

O processo é simples e rentável. O chumbo é fácil de extrair e pode ser reutilizado várias vezes. Isso levou a muitas empresas rentáveis à reciclagem de outras baterias.

O processo de reciclagem é simples e 70% do peso da bateria é chumbo reutilizável. Mais de 50% da oferta de chumbo vem de baterias recicladas. Outros tipos de baterias não são tão econômicos de reciclar quanto a bateria de chumbo-ácido.



Figura 41 - Reciclagem de baterias de chumbo-ácido

Várias organizações estão trabalhando em programas para tornar a coleta das baterias adequada às necessidades do meio ambiente. Apenas 20 a 40 por cento das baterias em telefones celulares e outros produtos de consumo são atualmente reciclados.

O objetivo da reciclagem é evitar que materiais perigosos entrem em aterros. Além disso, se podem utilizar os materiais recuperados na fabricação de novos produtos.

As baterias gastas devem ser removidas de casa. Baterias velhas podem vazarem e causar danos ao meio ambiente. Não se devem guardar baterias de chumbo-ácido onde crianças brincam. Simplesmente tocar os polos de chumbo pode ser prejudicial.

Apesar de ambientalmente hostis, as baterias de chumbo-ácido continuam a deter um nicho de mercado forte.

As baterias com substâncias tóxicas continuam a estar conosco e não há nada de errado em usá-las, desde que sejam descartadas corretamente. Cada química da bateria tem seu próprio processo de reciclagem e o processo começa por classificar as baterias nas categorias corretas.

BATERIA DE LÍTIO-ÍON

LI-ION

A BATERIA DE LI-ION

É a tecnologia mais recente. Está tendo um rápido crescimento. A bateria de lítio-íon é conhecida como Li-Ion (do Inglês “lithium-ion”). É usada quando se deseja alta densidade de energia e peso leve. Uma célula de Li-Ion é composta de quatro partes principais:



Figura 42 - Bateria de Li-Ion

- Catodo (ou terminal positivo)
- Anodo (ou terminal negativo)
- Eletrólito
- Separador poroso

O catodo varia entre diferentes tipos de células, mas é sempre um composto de lítio misturado com outros materiais. O anodo é quase sempre grafite e às vezes inclui vestígios de outros elementos. O eletrólito é geralmente um composto orgânico contendo sais de lítio para transferir íons de lítio. O separador poroso permite que íons

de lítio passem através dele enquanto separa o anodo e catodo dentro da célula.

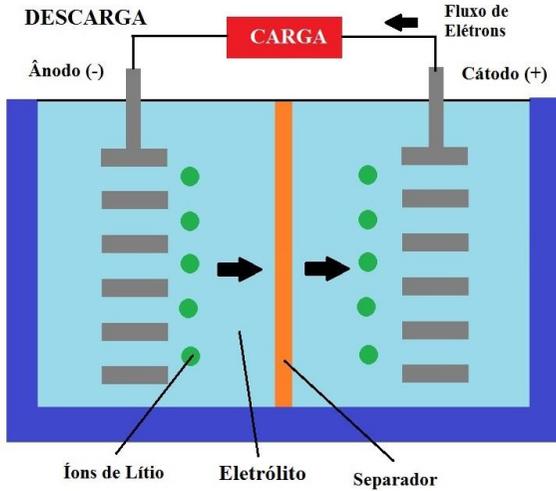


Figura 43 - Baterias de Li-Ion – descarga

Quando a célula é descarregada, íons de lítio se movem do anodo para o catodo passando pelo eletrólito. Isso descarrega elétrons no lado do anodo, alimentando a carga, conforme ilustrado na figura 43.

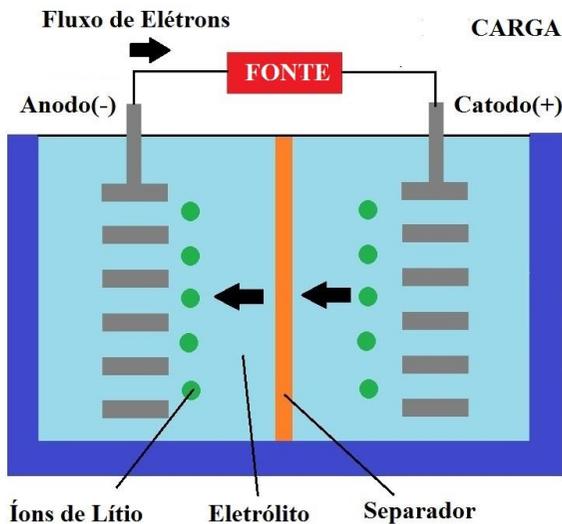


Figura 44 - Baterias de Li-Ion – carga

Quando a célula é recarregada, este processo é invertido e os íons de lítio passam de volta do catodo para o anodo, conforme figura 44.

Essas baterias são mais caras que as outras e precisam ser utilizadas dentro de padrões rígidos de segurança. Aplicações incluem notebooks e telefones celulares.

O lítio é o mais leve de todos os metais usados em baterias, tem o maior potencial eletroquímico e fornece a maior densidade de energia por peso.

Baterias recarregáveis que usam anodos de metal de lítio (eletrodos negativos) são capazes de fornecer tanto alta tensão quanto excelente capacidade, resultando em uma grande densidade de energia.

Depois de muita pesquisa com baterias recarregáveis de lítio durante os anos 80, foi descoberto que o ciclo de carga e descarga causava mudanças no eletrodo de lítio. Essas transformações reduzem a estabilidade térmica, causando potenciais condições de fuga térmica.

Quando isso ocorria, a temperatura da célula rapidamente se aproximava do ponto de derretimento do lítio, resultando em uma violenta reação chamada “abertura com chama”. Uma grande quantidade de baterias de lítio recarregáveis enviadas ao Japão teve que regressar em 1991 depois de uma bateria em um telefone celular liberar gases inflamáveis e causar danos no rosto da pessoa.

Por causa da instabilidade inerente do metal de lítio, especialmente durante o carregamento, pesquisas conduziram para uma bateria de lítio não metálica que usa íons de lítio.

Embora pouco menor em densidade de energia do que a bateria de metal de lítio, a bateria de Li-Ion é segura, tomadas certas precauções quando carregando e descarregando.

Em 1991 a SONY comercializou a primeira bateria de Li-Ion. Outros fabricantes também se adaptaram à tecnologia. Hoje, a Li-Ion é a bateria que mais está crescendo e é a química de bateria mais promissora.

A densidade de energia da bateria de Li-Ion é tipicamente o dobro das de NiCd padrão. Melhorias nos materiais de eletrodo ativo têm o potencial de aumentar a densidade de energia perto de três vezes em relação às de NiCd.

Além da alta capacidade, as características de carga são razoavelmente boas e se comportam como as de NiCd em termos de características de descarga, com forma similar do perfil de descarga, mas com tensão diferente. A curva de descarga plana oferece utilização eficiente da energia armazenada em um espectro de tensão desejável.

A bateria de Li-Ion é de baixa manutenção, uma vantagem que a maioria das outras químicas não tem. Não existe memória e nenhum ciclo programado é exigido para prolongar a vida da bateria. Além disso, a autodescarga é menor que a metade se comparada com as baterias de NiCd e NiMh.

A alta tensão da célula de Li-Ion, acima de 3V, permite a fabricação de conjuntos de baterias que consistem em apenas uma célula. Muitos dos telefones móveis de hoje funcionam com uma célula simples, uma vantagem que simplifica o projeto dos equipamentos. As tensões de alimentação de aplicações eletrônicas têm caído, o que requer poucas células por conjunto de baterias. Para manter a mesma energia, contudo, são necessárias maiores correntes. Isto enfatiza a importância de uma resistência muito baixa da célula para permitir fluxo de corrente elevado.

Apesar de suas vantagens, as baterias de Li-Ion também têm as suas inconveniências. Ela é frágil e requer um circuito de proteção para manter uma operação segura. Embutido dentro de cada conjunto, o circuito de proteção limita a tensão de pico de cada célula durante a carga e previne que a tensão da célula caia muito durante a descarga. Além disso, a máxima corrente de carga e descarga é limitada e a temperatura da célula é monitorada para prevenir temperaturas extremas.

O envelhecimento é uma preocupação com a maioria das baterias. Alguma deterioração da capacidade é perceptível após um ano, se a bateria estiver em uso ou não. Acima de dois ou talvez três anos, a bateria frequentemente falha. Outras químicas também têm efeitos degenerativos relacionados à idade, em especial para as baterias de NiMh, se expostas a altas temperaturas ambientes. Armazenar a bateria em um lugar fresco desacelera o processo de envelhecimento da bateria de Li-Ion (e outras químicas).

Além disso, a bateria apenas deve ser parcialmente carregada quando armazenada. Armazenamento prolongado não é recomendado para baterias de Li-Ion. O comprador deve estar ciente da data de

fabricação quando comprar baterias de reposição de Li-Ion. Infelizmente, essa informação é frequentemente codificada em um número de série criptografado e está disponível apenas para o fabricante.

A bateria mais econômica à base de lítio, em termos da relação de custo por energia é um conjunto de baterias que usa a célula cilíndrica 18650 (diâmetro = 18 mm e altura = 65 mm). Essa bateria é um tanto volumosa, mas adequada para aplicações portáteis tais como computação móvel.

Se um conjunto de baterias mais fino for necessário (mais fino que 18 mm), a célula prismática de Li-Ion é a melhor escolha.

Quando uma geometria ultrafina é necessária (menor que 4 mm), a melhor escolha é a de lítio-polímero. Essa é a opção mais cara em termos de custo de energia. A bateria de lítio-polímero não oferece ganhos de energia apreciáveis sobre os sistemas de Li-Ion convencionais, nem combina a durabilidade da célula 18650.

VANTAGENS DAS BATERIAS DE LI-ION

As principais vantagens das baterias de Li-Ion são:

- Densidade da energia elevada. Potencial para capacidades ainda maiores.
- Autodescarga relativamente baixa. A autodescarga é menor do que a metade da autodescarga das baterias NiCd e NiMh.
- Manutenção Baixa. Nenhuma descarga periódica é necessária; sem memória.
- Células de Li-Ion causam menos dano quando descartadas do que as de chumbo-ácido ou baterias à base de cádmio. Entre a família de Li-Ion, o manganês é o mais amigável em termos de descarte.

LIMITAÇÕES DAS BATERIAS DE LI-ION

As principais limitações das baterias de Li-Ion são:

- Requer circuito de proteção. O circuito da proteção limita a tensão e a corrente. A bateria é segura se não sobrecarregada.
- Sujeita ao envelhecimento, mesmo se não estiver em uso. Armazenar a bateria em um lugar fresco e a 40% do estado de carga reduz o efeito do envelhecimento.

- Corrente de descarga moderada para alguns tipos.
- Sujeita aos regulamentos do transporte. O embarque de quantidades maiores de baterias de Li-Ion pode estar sujeito ao controle regulador. Esta restrição não se aplica ao carregamento pessoal de baterias.
- Cara de se fabricar. Melhores técnicas de fabricação e recolocação de metais raros com alternativas de custo mais baixo, provavelmente reduzirão o preço.
- Tecnologia não inteiramente madura. As mudanças em combinações do metal e da química afetam resultados de testes nas baterias, especialmente com alguns métodos de testes rápidos.
- Necessitam cuidados, pois as baterias do Li-Ion têm uma alta densidade de energia.
- A alta temperatura resultante do abuso da célula pode causar dano físico.
- O eletrólito é altamente inflamável. A ruptura pode causar a abertura com chama.

TIPOS DE BATERIAS DE LI-ION

Existem diferentes tipos de baterias de Li-Ion. Li-Ion é o nome genérico para os materiais ativos dessas baterias. Para se referir aos diversos tipos de baterias de Li-Ion usam-se os símbolos dos elementos químicos ou então abreviaturas mnemônicas. Por exemplo, o óxido de lítio cobalto, usado nas baterias Li-Ion mais comuns, tem os símbolos químicos LiCoO_2 e a abreviatura LCO. Por razões de simplicidade, a forma curta li-cobalto também pode ser usada para esta bateria. Cobalto é o principal material ativo desta bateria. Outras químicas de Li-Ion são nomeadas de maneira semelhante.

A seguir apresentamos as características básicas das baterias Li-Ion mais comuns:

- Óxido de lítio cobalto (LiCoO_2) – LCO
- Óxido de lítio manganês (LiMn_2O_4) – LMO
- Óxido de lítio níquel manganês cobalto (LiNiMnCoO_2) – NMC
- Fosfato de lítio ferro (LiFePO_4) – LFP
- Óxido de lítio níquel cobalto alumínio (LiNiCoAlO_2) – NCA
- Titanato de lítio ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) – LTO

ÓXIDO DE LÍTIU COBALTO (LiCoO₂) – LCO

A alta energia específica dessa bateria faz dela a escolha mais popular para telefones celulares, notebooks e câmeras digitais.

A bateria consiste em um catodo de óxido de lítio cobalto e um anodo de grafite.

A desvantagem da bateria LCO é uma vida relativamente curta, baixa estabilidade térmica e capacidade de carga limitada. A Figura 45 ilustra a estrutura da bateria de li-cobalto.

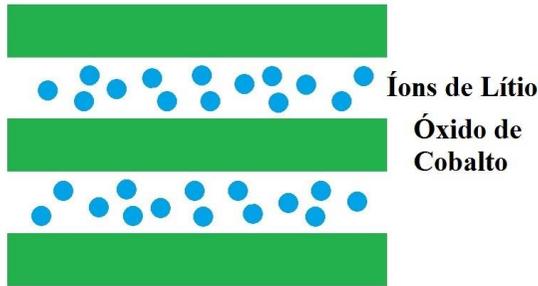


Figura 45 - Estrutura de Lítio Cobalto

O catodo tem uma estrutura em camadas. Durante a descarga os íons de lítio se movem do anodo para o catodo. Na carga o fluxo é do catodo para anodo.

A tecnologia das baterias LCO está amadurecendo e os sistemas mais recentes incluem níquel, manganês e alumínio para melhorar a longevidade, a capacidade de carregamento e o custo.

As baterias LCO não devem ser carregadas e descarregadas com uma corrente superior à sua taxa C (capacidade nominal). Isto significa que uma célula 18650 com 2.400mAh só pode ser carregada e descarregada a 2.400mA.

Forçar uma carga rápida ou aplicar uma carga superior a 2.400mA provoca superaquecimento e estresse indevido. Para uma carga rápida ideal, o fabricante recomenda uma corrente de 0,8C ou cerca de 2.000mA.

O circuito de proteção obrigatório da bateria limita a taxa de carga e descarga a um nível seguro de cerca de 1C.

As baterias LCO tem energia específica elevada, mas tem desempenho moderado quando se trata de segurança e vida útil.

As principais características são:

- Óxido de lítio cobalto: catodo LiCoO_2 e anodo de grafite
- Abreviatura: LCO ou li-cobalto.
- Tensão Nominal: 3,60V
- Faixa de operação típica: 3,0 a 4,2V/célula
- Energia específica (capacidade): 150-200Wh/kg. As células especiais proporcionam até 240Wh/kg.
- Carga: 0,7 a 1C até 4,20V. Uma corrente de carga acima de 1C reduz a duração da bateria.
- Tempo de carga típico: 3 horas.
- Descarga: 1C até 2,50V. Corrente de descarga acima de 1C reduz a duração da bateria.
- Vida útil: 500-1000 ciclos, dependendo da profundidade de descarga, carga e temperatura.
- Fuga térmica: 150°C
- Aplicações: Telefones celulares, tabletes, notebooks e câmeras.

ÓXIDO LÍTIO MANGANÊS (LiMn_2O_4) – LMO

Em 1996, a Moli Energy comercializou uma célula Li-Ion com óxido de lítio manganês como material catódico. A arquitetura forma uma estrutura que melhora o fluxo de íons no eletrodo, o que resulta em menor resistência interna e capacidade de corrente melhorada.

Uma vantagem adicional desta bateria é a elevada estabilidade térmica e maior segurança, mas o ciclo e a vida são limitados.

A baixa resistência interna das células permite um carregamento rápido e alta corrente de descarga.

Uma bateria LMO tipo 18650 (cilíndrica de diâmetro 18 mm e altura 65 mm), pode ser descarregada com correntes de 20 a 30A, com acúmulo de calor moderado.

Também é possível aplicar impulsos de carga de um segundo de até 50A.

Uma carga elevada contínua nesta corrente causa acúmulo de calor e a temperatura da célula não pode exceder 80°C.

A bateria LMO é usada para ferramentas elétricas, instrumentos médicos, bem como veículos híbridos e elétricos.

A Figura 46 ilustra a formação de uma estrutura cristalina tridimensional no catodo de uma bateria LMO.

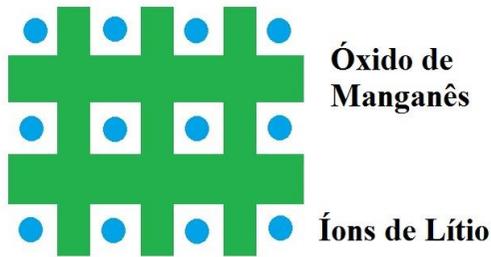


Figura 46 - Estrutura de lítio manganês

Essa bateria fornece baixa resistência, mas tem uma energia específica mais moderada do que a bateria LCO (lítio cobalto).

A bateria LMO tem uma capacidade que é aproximadamente um terço menor que a bateria LCO. Os projetos mais recentes de baterias LMO oferecem melhorias em potência, segurança e durabilidade.

A maioria das baterias LMO mistura com óxido de lítio níquel manganês cobalto (NMC) para melhorar a energia específica e prolongar a vida útil.

Esta combinação traz o melhor em cada sistema, e o LMO (NMC) é o escolhido para a maioria dos veículos elétricos, como o Nissan Leaf, Chevy Volt e BMW i3. A parte LMO da bateria, que pode ser aproximadamente 30%, fornece a energia elevada que é necessária na aceleração; a parte NMC dá maior autonomia ao veículo.

Em alguns modelos, uma pequena quantidade de silício é adicionada ao anodo. Isso proporciona um aumento de capacidade de 25%. No entanto isto implica numa vida mais curta, já que o silício cresce e encolhe com carga e descarga, causando estresse mecânico.

As principais características são:

- Óxido de lítio manganês: catodo LiMn_2O_4 e anodo de grafite
- Abreviatura: LMO ou Li-manganês
- Tensão Nominal: 3,70V (3,80V)
- Faixa de operação típica 3,0 a 4,2V/célula
- Energia específica (capacidade): 100-150Wh/kg

- Carga: 0,7 a 1C típico, 3C máximo até 4,20V
- Descarga: contínua de 1C a 10C, pulsada até 30C (5s) para uma tensão de corte de 2,50V
- Vida útil: 300 a 700 ciclos, dependendo da profundidade de descarga e temperatura.
- Fuga Térmica: 250°C típica. Alta carga promove fuga térmica
- Aplicações: Ferramentas elétricas, dispositivos médicos.

ÓXIDO DE LÍCIO NÍQUEL MANGANÊS COBALTO (LiNiMnCoO₂) – NMC

Um dos sistemas Li-Ion mais bem sucedidos é uma combinação de catodo de níquel-manganês-cobalto (NMC). É semelhante ao li-manganês.

Por exemplo, uma célula NMC modelo 18650, para condições de carga moderada, tem uma capacidade de cerca de 2.800mAh e pode fornecer de 4A a 5A.

Uma célula NMC otimizada para potência específica tem uma capacidade de apenas cerca de 2.000mWh, mas oferece uma corrente de descarga contínua de 20A.

Um anodo baseado em silício pode aumentar a capacidade da bateria até 4.000mAh ou mais, mas com capacidade de carregamento reduzida e menor vida útil.

O silício adicionado ao grafite tem a desvantagem de que o anodo cresce e encolhe com carga e descarga, tornando a célula mecanicamente instável.

O segredo da NMC reside na combinação de níquel e manganês.

O níquel é conhecido por sua alta energia específica, mas pobre estabilidade. O manganês tem o benefício de formar uma estrutura de espinélio para conseguir baixa resistência interna, mas oferece uma baixa energia específica. Combinando-se os metais aumentam-se os pontos fortes da bateria.

NMC é uma bateria adequada para ferramentas elétricas, e-bikes e outros veículos elétricos.

A combinação de catodo é tipicamente um terço de níquel, um terço de manganês e um terço de cobalto, também conhecido como 1-1-1.

Isto oferece uma mistura única que também diminui o custo de matéria-prima devido ao reduzido teor de cobalto. Outra combinação bem sucedida é NCM com 5 partes de níquel, 3 partes de cobalto e 2 partes de manganês.

São possíveis outras combinações utilizando várias quantidades de materiais catódicos. Novos eletrólitos e aditivos permitem carregar a 4,4V/célula e aumentar a capacidade da bateria.

A bateria de Li-Ion de NMC tem bom desempenho geral e se destaca em energia específica. Esta bateria é a candidata preferida para o veículo elétrico e tem a taxa mais baixa de autoaquecimento.

Os três materiais ativos de níquel, manganês e cobalto podem ser misturados facilmente para atender a uma ampla gama de aplicações para sistemas de armazenamento de energia automotiva e de energia que precisam de ciclos frequentes.

A família NMC está crescendo em sua diversidade.

As principais características são:

- Óxido de lítio níquel manganês cobalto: catodo de LiNiMnCoO_2 e anodo de grafite

- Abreviatura: NMC

- Tensão Nominal: 3,60V (3,70V)

- Faixa de operação típica 3,0-4,2V/célula, ou superior.

- Energia específica (capacidade): 150-220Wh/kg

- Carga: 0,7-1C até 4,20V, algumas baterias atingem 4,30V; tempo típico de carga 3 horas. A corrente de carga acima de 1C reduz a duração da bateria.

- Descarga: 1C; 2C é possível em algumas células; tensão de corte de 2,50V.

- Vida útil 1000 a 2000 ciclos (relacionado à profundidade de descarga, temperatura)

- Fuga térmica típica 210°C. Alta carga promove fuga térmica

- Aplicações e-bikes, dispositivos médicos, veículos elétricos, industrial.

FOSFATO DE LÍTIO FERRO (LIFEPO4) – LFP

Em 1996, a Universidade do Texas (e outros colaboradores) descobriram o fosfato como material catódico para baterias de lítio recarregáveis.

A bateria de li-fosfato oferece bom desempenho eletroquímico com baixa resistência.

Isto é possível com o material de catodo de fosfato de nano escala.

Os principais benefícios são alta corrente nominal e longa vida útil, além de boa estabilidade térmica, maior segurança e tolerância se abusada.

A bateria de li-fosfato é mais tolerante às condições de carga total e é menos estressada do que outros sistemas de Li-Ion se mantidos em alta tensão por um tempo prolongado.

Em contrapartida, sua menor tensão nominal de 3,2V/célula reduz a energia específica abaixo da de Li-Ion à base de cobalto.

Com a maioria de baterias, a temperatura fria reduz o desempenho e a temperatura elevada do armazenamento encurta a vida de serviço, e a bateria li-fosfato não é nenhuma exceção.

A bateria de li-fosfato tem uma maior autodescarga do que outras baterias Li-Ion, o que pode causar problemas de equilíbrio com o envelhecimento.

A bateria de li-fosfato é usada frequentemente para substituir a bateria de chumbo-ácido usada em automóveis.

Quatro células em série produzem 12,80V, uma tensão semelhante a seis células de chumbo-ácido em série que produzem 12V.

Os veículos carregam as baterias de chumbo-ácido até 14,40V (2,40V/célula).

Com quatro células de li-fosfato em série, cada célula com tensão máxima de carga em 3,60V, tem-se a mesma tensão máxima de carga das baterias de chumbo-ácido que é de 14,40V.

A bateria de li-fosfato é tolerante a alguma sobrecarga; Entretanto, manter a tensão em 14,40V por um tempo prolongado, como a maioria de veículos faz em uma movimentação longa, poderia forçar a bateria.

O arranque em temperatura a frio também pode ser um problema com o li-fosfato como uma bateria de arranque.

A bateria de li-fosfato tem excelente segurança e longa vida, mas moderada energia específica e autodescarga elevada.

As principais características são:

- Fosfato de lítio ferro: catodo LiFePO_4 e anodo de grafite.
- Abreviatura: LFP ou li-fosfato.

- Tensão Nominal: 3,20V (3,30V)
- Faixa de operação típica: 2,5-3,65V/célula
- Energia específica (capacidade): 90-120Wh/kg
- Carga: 1C típico até 3,65V
- Tempo de carga típico: 3 horas
- Descarga: 1C típica, 25C em algumas células; pulsada 40A (2s) com tensão de corte de 2,50V (menor que 2V causa danos).
- Vida útil: 1000-2000 ciclos (relacionado à profundidade de descarga, temperatura).
- Fuga térmica 270°C. Bateria muito segura, mesmo que totalmente carregada. Um dos sistemas Li-Ion mais seguros.
- Autodescarga elevada.

ÓXIDO DE LÍCIO NÍQUEL COBALTO ALUMÍNIO (LINICOALO₂) – NCA

A bateria de óxido de lítio níquel cobalto alumínio ou NCA existe desde 1999 para aplicações especiais. Ela compartilha semelhanças com NMC, oferecendo alta energia específica, boa potência específica e uma longa vida útil.

Menos vantajosos em relação a outros tipos de baterias Li-Ion são a segurança e o custo.

Alta energia e densidades de potência, bem como boa vida útil, fazem da bateria NCA um candidato para aplicações em veículos elétricos. Alto custo e segurança são desvantagens.

As principais características são:

- Óxido de lítio níquel cobalto alumínio: catodo LiNiCoAlO₂ (aproximadamente 9% Co) e anodo de grafite
- Abreviatura: NCA ou li-alumínio. Desde 1999
- Tensão Nominal: 3,60V
- Faixa de operação típica: 3,0-4,2V/célula
- Energia específica (capacidade): 200-260Wh/kg; 300Wh/kg previsível
- Carga: 0,7C até 4,20V
- Tempo de carga típico: 3h
- Descarga: 1C típica com 3V de tensão de corte. Alta taxa de descarga encurta a vida da bateria.

- Vida útil: 500 ciclos (relacionado à profundidade de descarga, temperatura).
- Fuga térmica: 150°C típica. Carga elevada promove fuga térmica.
- Aplicações Dispositivos médicos, industriais, veículo (Tesla).

TITANATO DE LÍTIO (LI₄Ti₅O₁₂) - LTO

As baterias com anodos de titanato de lítio são conhecidas desde a década de 1980.

O li-titanato substitui o grafite no anodo de uma bateria de Li-Ion típica e o material se forma em uma estrutura de espinélio.

O catodo pode ser óxido de manganês de lítio ou NMC.

A bateria de li-titanato tem uma tensão de célula nominal de 2,40V, pode ser carregada rapidamente e oferece uma alta corrente de descarga de 10C, ou 10 vezes a capacidade nominal.

A vida útil é mais elevada do que aquela que uma bateria Li-Ion regular.

A bateria de li-titanato é segura. Tem excelentes características de descarga a baixa temperatura. Tem uma capacidade de 80% a -30°C.

No entanto, a bateria é cara e tem apenas 65Wh/kg de energia específica, similar à bateria de NiCd.

A bateria de li-titanato carrega até 2,80V/célula e o fim da descarga é 1,80V/célula.

Os usos típicos são veículos elétricos, nobreaks e iluminação de rua alimentada por energia solar.

A bateria de li-titanato supera as demais em segurança, desempenho a baixa temperatura e vida útil. Esforços estão sendo feitos para melhorar a energia específica e diminuir o custo.

As principais características são:

- Titânio de lítio: O catodo pode ser óxido de lítio manganês ou NMC e o anodo Li₄Ti₅O₁₂ (titanato)

- Abreviatura: LTO ou li-titanato. Comercialmente disponível desde aproximadamente 2008.

- Tensão Nominal: 2,40V

- Intervalo de operação típico: 1,8-2,85V/célula

- Energia específica (capacidade) : 70-80Wh/kg

- Carga: 1C típica; 5C máxima até 2,85V
- Descarga: 10C possível, pulsada até 30C (5s) com tensão de corte de 1,80V
- Vida útil: 3.000-7.000 ciclos
- Fuga térmica: Uma das baterias Li-Ion mais seguras
- Aplicações: Nobreaks, veículos elétricos (Mitsubishi i-MiEV, Fit EV da Honda), iluminação pública com energia solar.
- Longa vida, carga rápida, ampla faixa de temperatura, mas baixa energia específica e cara. Está entre as baterias Li-Ion mais seguras.

BATERIAS DE LI-ION POLÍMERO (LI-PO)



Figura 47 - Bateria de lítio-polímero (LiPo)

As baterias chamadas de lítio-polímero são baterias de Li-Ion com algumas peculiaridades.

A palavra polímero é normalmente associada com plástico. A bateria de lítio polímero difere das outras baterias Li-Ion no tipo de eletrólito usado.

O projeto original deste tipo de bateria, datando dos anos 70, usava um eletrólito de polímero seco que se assemelhava a uma película plástica.

Este isolador permitia a troca de íons e substituía o tradicional separador poroso que era embebido com eletrólito.

Um polímero sólido tem baixa condutividade à temperatura ambiente, e a bateria tinha que ser aquecida a 60°C ou mais, para permitir o fluxo de corrente. Por essa razão essas baterias não tiveram grande aplicação.

Para tornar a bateria de lítio polímero condutora à temperatura ambiente, foi adicionado eletrólito gelificado. A maioria das células

de Li-Ion polímero incorpora hoje um micro separador poroso com alguma umidade.

A bateria de lítio-polímero pode ser construída em muitos sistemas, como o li-cobalto, NMC, li-fosfato e li-manganês, e não é considerada uma bateria de uma única química, embora a maioria dos pacotes de lítio-polímero seja à base de cobalto.

Então qual a diferença entre uma bateria de Li-Ion normal e uma bateria de lítio-polímero?

No que diz respeito ao usuário, ambas as baterias são essencialmente a mesma. Ambos os sistemas usam materiais de cátodo e anodo idênticos e contêm uma quantidade similar de eletrólito.

A bateria de lítio-polímero oferece a energia específica ligeiramente mais elevada e pode ser feita mais fina do que a bateria de Li-Ion convencional. As células de lítio-polímero normalmente vêm embaladas em uma bolsa flexível. Este invólucro reduz o peso em mais de 20% sobre a caixa rígida das baterias Li-Ion normais. Com isso a bateria pode ser feita em qualquer forma, encaixando perfeitamente em celulares e tablets.

A bateria de lítio-polímero pode também ser feita muito fina e flexível, algo semelhante à um cartão de crédito.

As características de carga e descarga da bateria de lítio-polímero são idênticas aos outros sistemas Li-Ion e não requerem um carregador dedicado. As questões de segurança também são semelhantes, pois são necessários circuitos de proteção.

O acúmulo de gás durante a carga pode fazer com que algumas células inchem.

A bateria de lítio-polímero pela sua embalagem pode ser menos durável do que a bateria de Li-Ion com sua embalagem cilíndrica.

O peso leve e o poder específico elevado fazem a bateria de lítio-polímero ser a escolha preferida para os modelistas, principalmente para drones, aviões e helicópteros radio controlados (RC).

Estes dispositivos requerem taxas muito altas de descarga e uma bateria pequena e leve.

As células de lítio-polímero para RC usualmente tem uma química com base em cobalto e lítio que é adequada para aplicação de alta potência. Elas podem fornecer taxas de descarga muito altas

por longos períodos de tempo e taxas de descarga extremamente elevadas por curtos períodos.

As principais vantagens das baterias de lítio-polímero são:

- Espessura reduzida
- Formatos flexíveis. Os fabricantes não são limitados por formatos padrão de célula.

- Peso leve
- Segurança melhorada. Mais resistente à sobrecarga. Não tem válvula de pressão. No caso de aumento de pressão, a célula começa a inchar. Quando usada corretamente e carregada adequadamente, nenhum problema deve ocorrer.

As principais limitações das baterias de lítio-polímero são:

- Densidade de energia mais baixa e contagem de ciclo diminuída comparada à bateria de Li-Ion. Potencial para melhorias existem.

- Caro para manufaturar. Uma vez produzida em grande escala, a bateria de Li-Ion polímero tem o potencial para um custo mais baixo que o Li-Ion.

- O circuito de controle reduzido implica em maiores custos de fabricação.

COMPARAÇÃO ENTRE AS BATERIAS DE LI-ION

A seguir apresentamos um resumo comparando as principais vantagens e limitações de cada tipo de bateria Li-Ion.

- Óxido de lítio cobalto (LiCoO_2) – LCO

Energia específica elevada. Potência limitada.

- Óxido lítio manganês (LiMn_2O_4) – LMO

Potência elevada. Capacidade reduzida. Mais segura que a bateria LCO.

- Óxido de lítio níquel manganês cobalto (LiNiMnCoO_2) – NMC

Potência elevada. Capacidade reduzida. Mais segura que a bateria LCO.

- Fosfato de lítio ferro (LiFePO_4) – LFP

Curva plana de descarga. Potência elevada. Capacidade baixa. Muito segura. Autodescarga elevada.

- Óxido de lítio níquel cobalto alumínio (LiNiCoAlO_2) – NCA

Maior capacidade com potência moderada. Similar à LCO.

• Titanato de lítio (Li₄Ti₅O₁₂) – LTO

Vida longa. Carga rápida. Faixa larga de temperatura. Segura.

Baixa Capacidade. Cara.

A tabela 8 mostra os principais parâmetros de cada tipo:

Tipo de Bateria de Li-Ion	LCO	LMO	NMC	LFP	NCA	LTO
Tensão Nominal (V)	3,6	3,7	3,6	3,2	3,6	2,4
Tensão Máxima na Carga (V)	4,2	4,2	4,2	3,65	4,2	2,85
Tensão Mínima na Descarga (V)	3	3	3	2,5	3	1,8
Tensão Mínima	2,5	2,5	2,5	2	2,5	1,5
Energia Específica (Wh/Kg)	175	125	185	105	230	75
Taxa de Carga Padrão (Taxa C)	1	1	1	1	1	1
Tempo de Carga Rápida (horas)	3	3	3	3	3	3
Taxa de Descarga Máx. (Taxa C)	1	10	2	25	1	10
Número de Ciclos - Médio	700	500	1500	1500	500	5000

Tabela 8 – Comparação entre as baterias de Li-Ion

FORMATOS E TAMANHOS

A bateria Li-Ion mais popular é a bateria cilíndrica 18650. “18” indica o diâmetro em milímetros e “650” indica o comprimento (65 milímetros). Ela tem a capacidade de 1800 a 3500mAh.

A tabela 9 indica os tamanhos de baterias Li-Ion cilíndricas mais comuns no Brasil.

Modelo	Capacidade (mAh)	Diâmetro x Altura (mm)
10440	340	10 × 44
14250	300	14 × 25
14500	700–800	14 × 53
14650	1600	14 × 65
RCR123A	750	17 × 34.5
17500	1100	17.3 × 50
17670	1250	17 × 67
18500	1400	18.3 × 49.8
18650	1500–3500	18.6 × 65.2
26650	3300-5200	26.5 x 65.4

Tabela 9 – Tamanhos comuns de baterias Li-Ion



Figura 48 - Baterias de Li-Ion cilíndricas

Outro formato bastante comum para as baterias Li-Ion é o prismático. A bateria prismática foi desenvolvida em resposta à exigência do consumidor por tamanhos de conjuntos mais estreitos. Introduzida nos anos 90, a bateria prismática faz o máximo uso do espaço quando empilhada.

Baterias prismáticas são usadas predominantemente em aplicações de telefonia celular. Baterias prismáticas que têm ganhado aceitação são: 340648 e a 340848. Medida em milímetros, “34” indica a largura, “06” ou “08” indica a espessura e “48” indica o comprimento da bateria.



Figura 49 - Bateria Li-Ion prismática

Algumas baterias prismáticas são similares no tamanho, mas se distinguem por apenas alguns milímetros nas suas dimensões.

A desvantagem da bateria prismática é a densidade de energia mais baixa, comparada à bateria cilíndrica equivalente. Além disso, a bateria prismática é mais cara de se fabricar e não fornece a mesma estabilidade mecânica que a bateria cilíndrica.

A bateria prismática é oferecida em capacidades que variam aproximadamente de 400mAh a 2000mAh. Por causa da grande quantidade exigida para telefones celulares, baterias prismáticas especiais são feitas para se adequarem a certos modelos.

A maioria das células prismáticas não tem um sistema de abertura. No caso de aumento de pressão, a célula começa a inchar. Quando usada corretamente e carregada adequadamente, nenhum problema deve ocorrer.

Um caso particular das baterias prismáticas são as baterias de lítio-polímero.

Bem menos comuns que as baterias cilíndricas e prismáticas, existem no mercado algumas baterias de Li-Ion recarregáveis tipo botão.



Figura 50 - Bateria Li-Ion tipo botão

SEGURANÇA

A segurança da bateria Li-Ion despertou grande interesse pelo público nos últimos anos. Esta tecnologia de bateria tem aumentado sua participação no mercado desde os anos 2000. Está associada ao desenvolvimento do mercado de equipamentos sem fio, tais como telefones celulares, computadores portáteis, ferramentas elétricas e veículos elétricos. Na Europa é a tecnologia de bateria preferida para e-bikes e já está sendo utilizada em carros híbridos e veículos elétricos completos.

O número de baterias recarregáveis de Li-Ion usadas em aplicações sem fio é bem superior a um bilhão de unidades por ano e espera-se que ele cresça ainda mais. Isso mostra que apesar de terem ocorrido alguns problemas de segurança, a tecnologia das baterias Li-Ion é bastante segura.

Para garantir um uso seguro das baterias de Li-Ion são necessárias algumas medidas. O primeiro passo da abordagem de gerenciamento de segurança começa com uma análise das funções da bateria e suas interações com o meio ambiente. Isso é chamado de análise de perigo preliminar ou identificação de perigo.

Esta fase destina-se a cobrir todos os aspectos do ciclo de vida: design e qualificação, fabricação, transporte, uso e fim da vida. Isso resulta em uma lista de perigos potenciais para uma determinada aplicação e o nível de segurança associado.

Limitar as consequências do perigo potencial no meio ambiente é um importante caminho: isso tem que ser desenvolvido em coordenação com a aplicação, a fim de estabelecer medidas de proteção eficientes.

Na prática, nenhum "dispositivo único" é capaz de cumprir todas as funções para a proteção da bateria. O gerenciamento de segurança é obtido com uma combinação de escolhas de tecnologia e

materiais para otimizar o desempenho versus a reatividade dos materiais. Deve-se atuar em três níveis:

- No nível da célula
 - * Utilização de componentes de boa qualidade nos eletrodos e separadores
 - * A célula deve possuir válvula de segurança para aliviar a pressão interna excessiva
 - * A célula deve possuir dispositivo para interromper correntes excessivas
 - No nível das placas de circuito impresso embarcadas dentro da bateria (BMS)
 - * Proteção contra corrente de carga excessiva
 - * Proteção contra corrente de descarga excessiva
 - * Proteção contra descarga abaixo do valor mínimo de tensão
 - * Balanceamento das baterias
 - * Proteção contra temperaturas excessivas
 - No nível do equipamento que utiliza as baterias
 - * Medida da tensão e corrente da bateria com desligamento da carga em caso de pane
 - * Medida da temperatura com desligamento da carga em caso de pane.
 - * Proteções contra surtos de tensão provenientes da rede elétrica que alimenta o equipamento.

Dependendo do tipo de célula, baterias de Li-Ion podem ser surpreendentemente robustas ou incrivelmente frágeis. Células cilíndricas são geralmente bastante fortes devido à sua caixa de metal. Apesar disso, as baterias não deveriam ser deixadas sem uma proteção adequada, como um estojo plástico para evitar curto-circuito. Baterias prismáticas normalmente também são bastante robustas, devendo-se apenas tomar cuidados para evitar curto-circuito.

Porém as células Li-Ion polímero, precisam ser manuseadas com cuidado. Não têm qualquer proteção contra serem cortadas, esmagadas, dobradas ou rasgadas. Elas também geralmente têm seus terminais positivos e negativos do mesmo lado da célula, tornando-se perigosamente fácil de colocá-los em curto-circuito.

Para resumir, as células da bateria de Li-Ion contêm uma grande quantidade de energia em uma embalagem pequena e são

projetadas para fornecer essa energia rapidamente. Usando as devidas precauções e princípios de funcionamento seguros, as células são seguras e sua aplicação cresce rapidamente no mercado..

As baterias que usam Li-Ion requerem um circuito de proteção obrigatório para garantir a segurança sob quase todas as circunstâncias. De acordo com a IEC 62133, a segurança das células ou baterias de Li-Ion começa incluindo algumas ou todas as seguintes salvaguardas:

- PTC (termistor) protege contra elevação de temperatura decorrente de surtos de corrente.
- CID (dispositivo de interrupção de circuito) abre o circuito a uma pressão de célula de 1.000 kPa (145psi).
- A válvula de segurança libera gases em acúmulo de pressão excessiva a 3.000kPa (450psi).
- Separador que inibe o fluxo de íons quando excede certo limiar de temperatura.

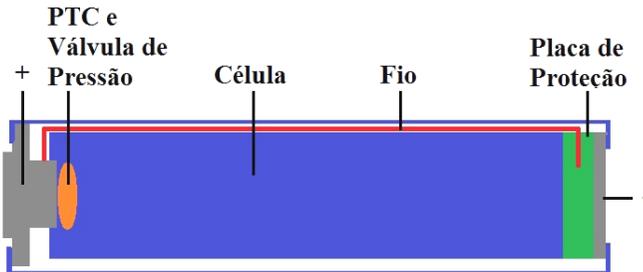


Figura 51 - Proteções internas da bateria Li-Ion

Além das salvaguardas internas na célula, um circuito de proteção eletrônico externo impede que qualquer célula exceda 4,30V sob carga. No capítulo 7 descrevemos esses circuitos de proteção em detalhe. Além disso, um fusível corta a corrente se a temperatura da superfície de qualquer célula se aproximar de 90°C. Para evitar que a bateria se descarregue abaixo da tensão mínima, um circuito de controle corta o caminho da corrente em cerca de 2,20V/célula.

No caso de packs de baterias onde várias células são conectadas em série, cada célula precisa de monitoramento de tensão

independente. Quanto maior a quantidade de células, mais complexo é o circuito de proteção.

Existem no mercado circuitos de proteção para packs de baterias que vão desde uma única célula até 13 células ligadas em série. Para aplicações especiais, como o veículo híbrido ou elétrico que entrega várias centenas de volts, circuitos especiais de proteção são necessários. A monitorização de duas ou mais células em paralelo para obter uma corrente mais elevada é menos crítica do que o controle da tensão numa configuração em série.

Os circuitos de proteção só podem proteger contra problemas externos à bateria tais como carregador com defeito, carregador inadequado ou de baixa qualidade, curto-circuito na carga ou carga excessiva.

Se, no entanto, ocorrer um defeito dentro da célula, o circuito de proteção externo tem pouco efeito e não pode deter a reação. Por isso é importante sempre comprar baterias de boa procedência mesmo pagando um pouco mais caro. Separadores reforçados tornam as baterias mais seguras, porém também as torna mais caras.

É também importante usar carregadores confiáveis que controlam com precisão o encerramento da carga da bateria. Carregadores baratos normalmente possuem circuitos eletrônicos simplificados de baixo custo, mas que muitas vezes fazem com que a bateria seja sobrecarregada.

Neste caso coloca-se toda a responsabilidade da segurança em cima dos circuitos de proteção da bateria e da própria bateria. É preciso considerar que os circuitos de proteção, são dispositivos eletrônicos que também podem falhar. Quando falamos em segurança, é importante lembrar que redundância é fundamental e por isso é necessário o uso de carregadores adequados.

Preços baixos tornam os produtos atraentes, mas os padrões de segurança não são iguais aos dos produtos de marca. Não é um bom negócio economizar dinheiro, comprando baterias de procedência duvidosa.

Deve-se desconfiar de baterias de baixo custo. Nesses casos ou a quantidade de energia da bateria não é aquela indicada em seu rótulo ou então a segurança não é adequada. Em ambos os casos o consumidor acaba sendo lesado.

Outra questão importante relativa à segurança das baterias é o vazamento. Baterias armazenadas por longo tempo, de baixa

qualidade ou usadas em condições inadequadas podem vaziar substâncias químicas perigosas. Baterias superaquecidas ou abauladas são sinais iniciais de mau funcionamento.

Como qualquer sistema de bateria, a tecnologia Li-Ion associa riscos elétricos e riscos químicos. Dependendo das condições de estresse ambiental, eles podem eventualmente criar mais ou menos perigo.

As substâncias contidas dentro da bateria podem apresentar alguns riscos químicos. Embora a bateria seja um produto onde não há liberação de substâncias perigosas em condições normais de uso, em caso de acidente, a exposição pode ocorrer, em particular a ruptura da caixa devido a danos mecânicos, pressão interna, etc.

O derramamento provoca riscos ligados às propriedades corrosivas e inflamáveis do eletrólito. A emissão de gás provoca risco associado às propriedades inflamáveis de substâncias orgânicas voláteis. Os riscos químicos associados à exposição direta às substâncias contidas na bateria são expostos na ficha de dados de segurança das substâncias.

Outro tipo de perigo observado com todas as baterias está ligado à energia elétrica armazenada pela bateria. O fluxo de corrente através da bateria gera calor. Isso é conhecido como o efeito Joule. O calor gerado pela corrente elétrica durante os processos de carga/descarga deve ser gerenciado por um sistema de proteção.

Além disso, a bateria deve ser protegida contra altas correntes elétricas e curto-circuito (interno, externo ou criado por danos mecânicos). A maioria dos curtos-circuitos ocorre acidentalmente, geralmente devido à negligência, distração ou problemas na rede elétrica que alimenta o carregador de baterias Li-Ion. Um surto de tensão vindo pela rede elétrica pode colocar em curto-circuito parte do equipamento alimentado pelas baterias e provocar sérios danos.

Dependendo do design da bateria, o calor criado por essas correntes elevadas, pode exceder a eficiência da refrigeração da bateria ou criar um ponto quente localizado. O estado da carga precisa ser controlado. A sobrecarga e excesso de descarga geram reações indesejadas que são mais exotérmicas do que o normal.

Eles aceleram o aumento de temperatura da bateria. Além disso, a sobrecarga cria mais instabilidade química de alguns materiais. Esta é a razão pela qual a proteção, geralmente baseada em limiares de tensão, é necessária para as baterias de Li-Ion.

Em caso de um curto-circuito, o efeito Joule aumentará a temperatura da célula até o ponto em que o solvente orgânico sai da célula através do respiradouro. Neste momento, qualquer ponto quente pode induzir um incêndio. As possíveis consequências desse efeito cumulativo são os seguintes: fogo, emissão de gases tóxicos ou nocivos CO, eletrólito orgânico e ejeção de peças. Por isso, é altamente recomendável, como em qualquer equipamento elétrico, adotar todas as proteções necessárias contra curto-circuito que muitas vezes são provocados por distúrbios na rede de alimentação elétrica do equipamento.

As grandes baterias usadas em veículos apresentam alta tensão e por isso oferecem um perigo adicional. Neste caso, a perda de isolamento da bateria pode representar um perigo direto para pessoas devido à exposição à alta tensão. Baterias de Li-Ion montadas em veículos podem ter mais de 60V e por isso devem respeitar os padrões de proteções elétricas aplicáveis (proteção de terminais, controle de falhas de isolamento para evitar a exposição a voltagem perigosa da bateria, etc...).

Em muitas aplicações de baterias industriais ou em veículos elétricos, o controle do equipamento depende da potência da bateria. Uma perda súbita de controle devido a uma falha na bateria pode criar um perigo para o usuário. Este perigo deve ser analisado em relação a cada aplicação.

É importante compreender as causas profundas dos perigos potenciais, a fim de definir um gerenciamento de risco confiável.

Os componentes utilizados em uma célula de Li-Ion são completamente estáveis até 80°C.

A temperatura de baterias de Li-Ion nunca devem exceder 130°C. Uma temperatura ligeiramente superior a 130°C faz com que o eletrólito nas células se oxide a uma taxa que cria tanto calor que causa aumento na taxa de oxidação o que por sua vez causa mais aumento de temperatura e a bateria irá queimar até se consumir. Esse fenômeno é conhecido como fuga térmica.

A temperatura na qual a fuga térmica começa varia de uma célula para outra. Células de lítio cobalto podem entrar em fuga térmica em temperaturas como 150°C, enquanto as células NMC geralmente atingem a fuga térmica perto de 180°C. Ambos os produtos químicos podem atingir temperaturas de mais de 500°C no

pico da fuga térmica. O aparecimento de fuga térmica varia muito em baterias de LiFePO_4 , mas usualmente começa em torno de 200°C .

O efeito físico sobre as células em grande parte depende do tipo de célula. Células cilíndricas como a 18650 possuem um mecanismo de ventilação sobre o terminal positivo da célula que permite que o gás de escape quando a célula superaquece e se aproxima da fuga térmica.

Algumas células prismáticas têm mecanismos de ventilação. Outras células prismáticas e todas as células tipo cartucho não incluem válvulas de ventilação e não terão nenhuma maneira de liberar o acúmulo de pressão na célula.

É muito raro que uma bateria de Li-Ion atinja o ponto de fuga térmica durante a sua utilização normal.

O maior risco de fuga térmica é quando se usa baterias de Li-Ion sob grandes cargas que resultam em uma corrente elevada. Se a corrente for maior do que a célula pode manipular, ela começará a aquecer. Se continuar assim por muito tempo, a célula pode alcançar a fuga térmica. Por esta razão, é sempre importante operar a bateria de Li-Ion dentro das especificações de projeto das células.

Esta também é a razão pela qual é recomendável proteger as baterias de Li-Ion de qualquer fonte de calor.

O design das células e das baterias geralmente integram proteções (como ventilações) para liberar gás sem criar um risco de estourar as células ou baterias.

Do mesmo modo, plásticos não inflamáveis são usados para não gerarem mais calor com sua combustão. O gás emitido contém monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) e hidrogênio (H_2), bem como vestígios de fluoreto de hidrogênio (HF).

Muito tem se falado sobre o perigo das baterias Li-Ion. Para efeito comparativo, a energia de combustão (KJ/Kg) de uma bateria Li-Ion é 17 vezes menor do que a gasolina. Mesmo sendo muito menos inflamável que a gasolina, ainda assim as baterias de Li-Ion podem provocar riscos e por isso devem ser usadas sempre com placas de proteção contra curto-circuito, sobrecarga, sobretensão e descarga profunda.

Esse tipo de informação é útil para conscientização dos riscos associados à utilização das baterias Li-Ion, se usadas de maneira inadequada.

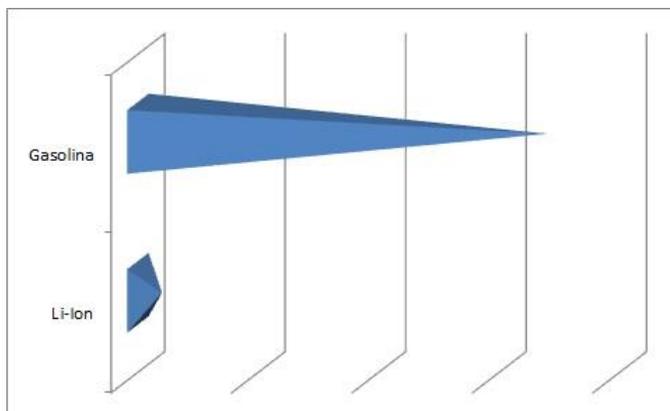


Figura 52 - Comparação da energia de combustão (KJ/Kg)

Existe muita informação principalmente na internet incentivando pessoas não habilitadas a montarem packs de baterias de Li-Ion para notebooks, modelos de controle remoto e mesmo bicicletas elétricas. O uso inadequado dessas baterias realmente traz riscos. Por outro lado ao se adotar as medidas necessárias de segurança, essas baterias são bastante seguras e hoje são usadas em bilhões de equipamentos ao redor do mundo todo, sem maiores problemas.

As orientações básicas de segurança para o uso de baterias Li-Ion são:

- Ter cuidado ao manusear e testar baterias de Li-Ion.
- Não provocar curto-circuito, sobrecarga, esmagamento, queda, mutilação, penetração com objetos estranhos, aplicação de polaridade inversa, exposição a altas temperaturas ou desmontagem de embalagens e células.
- Utilizar apenas células de Li-Ion com um circuito de proteção adequado e um carregador aprovado.
- Proteger o equipamento onde a bateria é utilizada contra surtos de tensão vindos através da rede elétrica.
- Interromper o uso da bateria e / ou do carregador se a temperatura da bateria subir mais de 10°C em uma carga regular.
- O eletrólito é altamente inflamável e a ruptura da bateria pode causar lesões físicas.

- Usar um extintor de espuma, CO₂ para extinguir um incêndio de uma bateria de Li-Ion. Derramar água apenas para evitar que o fogo se espalhe.

- Se o fogo de uma bateria de Li-Ion em chamas não puder ser extinto, permitir que a bateria se queime por conta própria de forma controlada e segura.

- Importante: Em caso de ruptura, eletrólito vazando ou qualquer outra causa de exposição ao eletrólito, jogar água imediatamente. Se ocorrer exposição dos olhos, lavá-los por 15 minutos e consultar um médico imediatamente.

- Descartar adequadamente as baterias em fim de vida útil.

CARREGAMENTO DAS BATERIAS DE LI-ION

Estas observações aplicam-se igualmente às baterias de Li-Ion e de lítio-polímero. A química é basicamente a mesma para os dois tipos de baterias e assim os métodos de carregamento para baterias lítio-polímero podem ser usados para baterias de Li-Ion.

As células de fosfato de lítio ferro de carregamento de 3,2V são idênticas, mas a fase de carregamento em tensão constante é limitada em 3,65V.

A bateria de Li-Ion é fácil de carregar, porém devido às questões de segurança, o processo de carga acaba se tornando complicado, frequentemente necessitando circuitos de proteção e controle.

O método básico é carregar a bateria em corrente constante, de 0,2C a 0,7C dependendo do fabricante, até que a bateria atinja 4,2V por célula.

Mantem-se a tensão de carga em 4,2V até que a corrente de carga caia para 10% do valor inicial da taxa de carga. A condição de terminação é a queda na corrente de carga para 10%. Uma tensão de carga superior e a corrente de terminação variam ligeiramente com o fabricante.

Um temporizador de carga deve ser incluído para a segurança.

O carregador de baterias de Li-Ion é um dispositivo limitador de tensão similar ao carregador de baterias de chumbo-ácido. A diferença está em uma maior tensão por célula, uma tolerância de

tensão menor e a ausência de carga de flutuação ou pulsante quando a carga completa é alcançada.

Enquanto as baterias de chumbo-ácido oferecem alguma flexibilidade em termos de interrupção de tensão, fabricantes de células de Li-Ion são muito rígidos em ajustar a tensão correta.

A maioria das células atuais de Li-Ion pode ser carregada a 4,20V. A tolerância para todas as baterias de Li-Ion é apertada +/- 0,05V por célula.

Baterias de Li-Ion militares e industriais projetadas para máximo ciclo de vida usam um limiar de tensão de fim de carga em torno de 3,90V por célula.

O tempo de carga de todas as baterias de Li-Ion, quando carregadas a uma corrente inicial de 1C, é de aproximadamente 3 horas. A bateria permanece fria durante a carga. A carga completa é alcançada depois que a tensão alcança o limiar de tensão superior e a corrente cai, se igualado a 3% da corrente de carga nominal.

Aumentar a corrente de carga em um carregador de Li-Ion não faz diminuir muito o tempo de carga. Embora o pico de tensão seja alcançado mais rápido com correntes maiores, a carga de pico irá demorar mais. Nenhuma carga pulsante é aplicada porque a bateria de Li-Ion é incapaz de absorver sobrecarga. Carga pulsante poderia causar depósito de lítio metálico, uma condição que torna a célula instável.

Ao invés disso, uma breve carga de pico é aplicada para compensar a pequena quantidade de autodescarga da bateria. Dependendo do carregador e da autodescarga da bateria, uma carga de pico pode ser implementada uma vez a cada 500 horas ou 20 dias.

O que acontece se uma bateria é inadvertidamente sobrecarregada?

Baterias de Li-Ion são projetadas para operar seguramente dentro da sua tensão normal de operação, mas tornam-se cada vez mais instáveis se carregadas em voltagens maiores.

Em uma tensão de carga acima de 4,3V, a célula causa depósito de metal de lítio no anodo. Além disso, o material do catodo se torna um agente oxidante, perde estabilidade e libera oxigênio. Sobrecarga faz a célula se aquecer.

Muita atenção tem sido aplicada na segurança das baterias de Li-Ion. Baterias de Li-Ion comerciais contém um circuito de proteção que previne que a tensão da célula fique muito alta enquanto estiver

sendo carregada. O limiar típico de segurança é ajustado para 4,30V por célula.

A maioria das células tem como característica uma mudança de pressão mecânica que permanentemente interrompe o caminho da corrente se um limiar de segurança é excedido. Circuitos internos de controle de tensão interrompem a bateria em subtensão ou sobretensão.

A figura a seguir mostra os estágios de carga em uma bateria de Li-Ion.

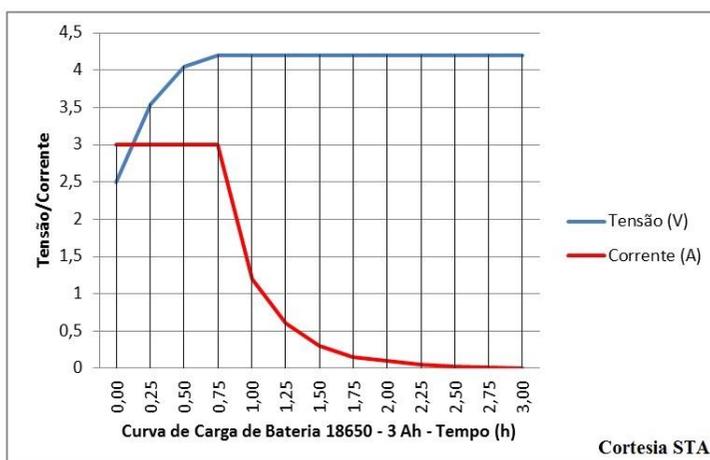


Figura 53 - Curva típica de carga da bateria Li-Ion

DESCARGA DAS BATERIAS LI-ION

Uma bateria de Li-Ion tipicamente descarrega até 3V por célula. Alguns modelos podem ser descarregados até 2,5V por célula.

Quanto mais baixa tensão de fim de descarga melhor, porém a maioria dos equipamentos é projetada para uma interrupção em 3V.

Deve-se tomar cuidado para não descarregar uma bateria de Li-Ion abaixo da tensão mínima especificada pelo fabricante.

Descarregar uma bateria à base de lítio abaixo de 2,5V pode interromper o circuito de proteção da bateria e isso pode causar sérios riscos de segurança ao equipamento onde as baterias estão sendo utilizadas.

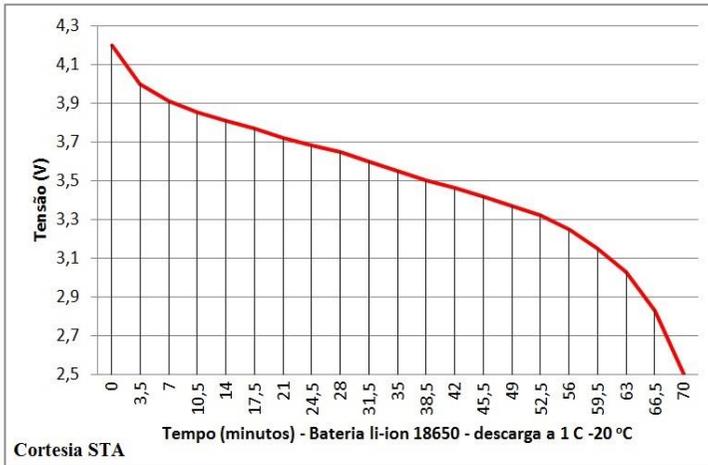


Figura 54 - Curva típica de descarga da bateria Li-Ion

As primeiras baterias de Li-Ion eram consideradas frágeis e inadequadas para descargas elevadas. Isso mudou e hoje os sistemas baseados em lítio competem com vantagens com as robustas baterias de níquel e chumbo.

Dois tipos básicos de baterias de Li-Ion existem no mercado: as células de energia e as células de potência.

A célula de energia Li-Ion é feita para fornecer grandes capacidades (mAh), mas a corrente de descarga não é alta. Essas baterias são ideais para aplicações onde não se exigem correntes elevadas e é necessário alimentar a carga pelo maior tempo possível, como por exemplo, notebooks. Uma bateria deste tipo descarregada a 1C tem uma capacidade de 3.000mAh, porém se descarregada com uma corrente de 2C a capacidade se reduz a apenas 2.300mAh.

Já as células de potência tem capacidade baixa, mas podem ser descarregadas a taxas elevadas de corrente. Esta célula funciona bem para aplicações que requerem uma corrente de descarga pesada, como ferramentas elétricas. A célula de potência permite uma descarga contínua de 10C. Isso significa que uma célula de 18650 com capacidade nominal de 2.000mAh pode fornecer uma carga contínua de 20A por alguns minutos e a capacidade é minimamente reduzida.

O desempenho superior é conseguido em parte, reduzindo a resistência interna e otimizando a área de superfície dos materiais

celulares ativos. A baixa resistência permite um alto fluxo de corrente com um aumento de temperatura mínimo.

Descarregando a bateria com a corrente de descarga máxima permitida, a célula de potência Li-Ion aquece a cerca de 50°C. A temperatura é limitada a 60°C.

Uma descarga muito profunda numa bateria Li-Ion pode conduzir a um curto-circuito parcial ou total. O mesmo ocorre se a célula é levada para polaridade negativa e é mantida nesse estado.

Por outro lado, equipamentos que interrompem a descarga da bateria antes da energia ser consumida são um problema.

Alguns dispositivos portáteis não são adequados para colher toda a energia armazenada dentro de uma bateria. Energia valiosa pode ser deixada para trás se o ponto de interrupção de tensão for ajustado muito alto. Dispositivos digitais estão exigindo muito da bateria. Cargas pulsadas momentâneas causam uma breve queda na tensão, o que pode empurrar a tensão para a região de interrupção.

Baterias com alta resistência interna são particularmente vulneráveis à interrupção prematura. Nesse caso, se a bateria é removida do equipamento e descarregada para um ponto de interrupção com um analisador de baterias, pode-se obter um nível alto de capacidade residual.

A maioria das baterias recarregáveis prefere uma descarga parcial ao invés de uma descarga completa. Descargas completas repetidas roubam a capacidade das baterias. A química de bateria que é a mais afetada por descarga profunda repetida é a de chumbo-ácido. Similar às baterias de chumbo-ácido, as baterias de Li-Ion preferem ser descarregadas superficialmente. Até 1000 ciclos podem ser alcançados se a bateria for parcialmente descarregada.

Além dos ciclos, o desempenho das baterias de Li-Ion também é afetado pelo envelhecimento. Perda de capacidade por envelhecimento é independente do uso. Contudo, em uso diário, existe a combinação de ambos.

Diferentes métodos de descarga, especialmente descargas por pulsos, também afetam a longevidade de alguns tipos de baterias. Enquanto as de NiCd e Li-Ion são robustas e mostram deterioração mínima quando descarregadas por pulsos, as de NiMh mostram um ciclo de vida reduzido quando alimentam cargas digitais.

As baterias de Li-Ion funcionam melhor a altas temperaturas.

Temperaturas elevadas temporariamente neutralizam a resistência interna da bateria, que é resultado do envelhecimento. A energia ganha tem uma vida curta porque a elevação de temperatura estimula o envelhecimento por um futuro aumento da resistência interna.

ARMAZENAGEM DAS BATERIAS DE LI-ION

A bateria de Li-Ion não pode ser descarregada abaixo de 2V/célula por qualquer período de tempo.

Formações químicas de cobre no interior da bateria podem levar a autodescarga elevada ou mesmo curto-circuito. Se recarregadas, as células podem ficar instáveis, causando calor excessivo ou mostrando outras anomalias.

As baterias devem ser armazenadas num nível de carga entre 40 e 50%. Isso evita que a bateria caia abaixo de 2,50V/célula. Com uma carga de 40%, a maior parte das baterias de Li-Ion tem uma tensão em aberto de 3,82V/célula medida à temperatura ambiente.

A figura abaixo mostra a perda de capacidade da bateria Li-Ion em função do tempo de armazenagem.

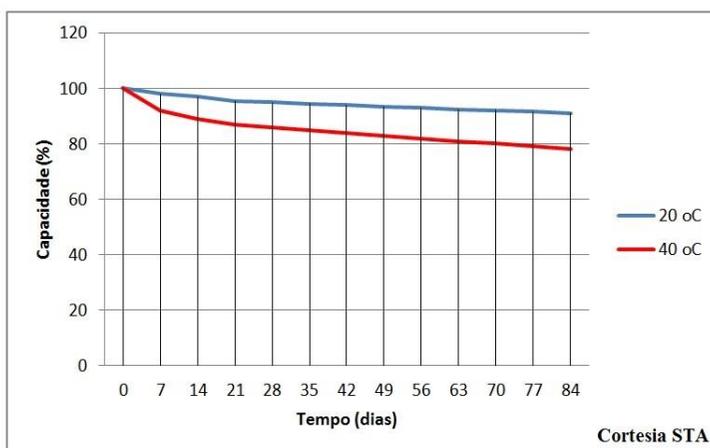


Figura 55 - Perda da capacidade x tempo de armazenagem

Armazenamento induz duas formas de perdas: autodescarga que pode ser recuperada com a carga antes do uso e perdas não recuperáveis que diminuem a capacidade permanentemente.

A Tabela 10 ilustra as capacidades remanescentes de baterias à base de lítio e níquel após um período de armazenamento a várias temperaturas.

A bateria de Li-Ion tem maiores perdas se armazenada totalmente carregada em vez de uma carga de 40%.

Temperatura	Chumbo-ácido	NiCd ou NiMh	Li-Ion (Li-cobalto)	
	Carga 100%	Carga Qualquer	Carga 40%	Carga 100%
0°C	97%	99%	98%	94%
25°C	90%	97%	96%	80%
40°C	62%	95%	85%	65%
60°C	38%	70%	75%	60%
	Após 6 meses	Após 12 meses	Após 12 meses	Após 3 meses

Tabela 10: Capacidade após armazenamento

As baterias são frequentemente expostas a temperaturas desfavoráveis, e deixar um telefone celular ou câmera no painel de um carro ou no sol quente são exemplos. Notebooks ficam quentes quando em uso e isso aumenta a temperatura da bateria. A temperatura elevada também prejudica as baterias à base de chumbo e níquel.

Deve-se descartar uma bateria de Li-Ion se mantida abaixo de 2V/célula por mais de uma semana. Também descartar se a tensão não se recuperar normalmente após o armazenamento.

DESCARTE DAS BATERIAS DE LI-ION

Quando as baterias de lítio eventualmente se desgastam e acabam com sua vida útil, elas geralmente não devem ser jogadas fora com o lixo doméstico normal. As leis relativas à eliminação de baterias de lítio variam em todo o mundo. Em muitos lugares, as baterias de lítio são consideradas resíduos perigosos.

Em alguns locais é permitida a eliminação de pequenas quantidades de baterias de lítio no lixo municipal. Em outros,

qualquer quantidade de bateria de lítio deve ser descartada separadamente ou enviada para centros de reciclagem. Ainda outros não têm nenhuma lei sobre eliminação de baterias de lítio.

Em algumas áreas, as baterias de lítio são coletadas para eliminação por incineração sob condições controladas. Isto impede o problema dos aterros ficarem cheios de células de lítio e potencialmente poderem ocorrer incêndios provocados pela energia residual que ainda permanece nas baterias descartadas. Além disso, descartar baterias em aterros ou no lixo é um enorme desperdício de um recurso tão valioso.

Mesmo se sua área permite a eliminação de baterias de lítio, a reciclagem é uma opção muito mais sustentável. O lítio é um recurso limitado. A mineração é suja e cara. Através da reciclagem de pilhas de lítio, você está ajudando para salvar este recurso e evitar mais danos ambientais.

A maioria das áreas têm locais de entrega grátis para reciclagem de baterias. Muitas vezes estes estão localizados em escolas, universidades, shoppings, correios e outros lugares públicos. Não custa nada, mas beneficia a todos nós.

Ao enviar as baterias para reciclagem ou apenas colocando-as no lixo doméstico, sempre se deve primeiro preparar as células. Baterias de lítio devem ser descarregadas completamente.

Os terminais das células também devem ser envoltos em plástico ou cobertos com fita para evitar um curto-circuito.

As baterias de Li-Ion são relativamente seguras para o meio ambiente, embora seja importante exercer cautela e cuidado quando se recicla uma bateria dessa natureza. O conteúdo destas baterias está sob pressão, tendo assim o potencial de causar acidentes se o usuário não tiver cuidado.

As baterias de Li-Ion alimentam vários dispositivos portáteis. Elas trabalham em telefones celulares e notebooks, bem como uma série de outros produtos eletrônicos de consumo. Elas também são usadas em veículos elétricos. Estas baterias estão rapidamente se tornando cada vez mais utilizadas. Portanto, é crucial que mais pessoas entendam o processo de reciclagem das baterias de Li-Ion.

Como a maioria das baterias recarregáveis, a vida global diminui gradualmente com cada descarga e recarga. Muitas baterias de Li-Ion sustentam até 500 ciclos de descarga e recarga, mas todas inevitavelmente chegam ao ponto em que não são mais utilizáveis.

Isso pode acontecer muito mais rápido se a bateria descarregar completamente. Uma vez que sua bateria de Li-Ion está completamente morta, é hora de considerar a substituição e a reciclagem.

Embora as baterias de Li-Ion representem uma ameaça significativamente menor do que muitas outras baterias é importante enviá-las para reciclagem.

A única maneira real de reciclar essas baterias é levá-las para um centro de reciclagem.

Estes lugares desmontam as baterias de uma maneira que impede completamente qualquer dano ao meio ambiente. Uma vez desmontados, as peças e materiais individuais são então reciclados e remontados em novos materiais.

COMPARANDO AS BATERIAS RECARREGÁVEIS



Figura 56 - Baterias SLA, NiCd, NiMh e Li-Ion

A tecnologia das baterias recarregáveis está em constante mudança e tem se desenvolvido nas últimas décadas.

Cada tipo de baterias tem suas vantagens e limitações.

Dependendo da sua aplicação uma das tecnologias disponíveis será a mais adequada: NiCd, NiMh, Li-Ion e SLA.

Cada uma dessas baterias têm atributos únicos para projetos únicos.

As baterias NiCd são muitas vezes mais baratas do que as baterias NiMh ou baterias Li-Ion. Elas podem ter algum efeito memória se não forem carregadas e cuidadas corretamente.

Devem ser usadas quando é necessária uma bateria recarregável de baixo custo e se for necessário um longo tempo de vida.

As baterias NiCd podem ser carregadas e descarregadas um grande número de vezes. Se bem utilizada, essas baterias podem ser carregadas mais vezes que outras químicas recarregáveis.

A grande desvantagem dessa bateria é que ela causa danos ao meio ambiente se for descartada de maneira inadequada.

As baterias NiMh contêm mais energia, mais resiliência e oferecem um menor número de ciclos do que as baterias NiCd.

Devem ser usadas quando for necessária uma alta corrente de descarga.

Não devem ser usadas se for necessária uma longa vida útil. A vida das baterias de NiMh normalmente é de menos de 1000 ciclos.

Se um produto for recarregado diariamente, a vida de uma bateria pode não durar mais que alguns anos.

As baterias SLA são tipicamente baterias maiores para uso em aplicações onde são necessárias grandes quantidades de energia a um baixo custo. Estas baterias são muitas vezes mais baratas quando comparadas com outras químicas da mesma capacidade.

Não devem ser usadas se o peso é uma preocupação. O componente primário desta química da bateria é o chumbo, então essas baterias são muito pesadas. Também essas células só são boas por algumas centenas de ciclos.

As baterias Li-Ion são uma categoria ampla que contém muitas químicas diferentes.

Tipicamente essas baterias oferecem a maior densidade de energia. Devem ser usadas se for necessária alta densidade de energia ou se for necessária alta corrente de descarga. Algumas células de Li-Ion têm uma corrente de descarga dezenas de vezes sua capacidade nominal.

A grande desvantagem das baterias de Li-Ion é a necessidade do uso de circuitos de proteção para carga e descarga.

A figura a seguir compara as tensões dos sistemas à base de chumbo, níquel e lítio.

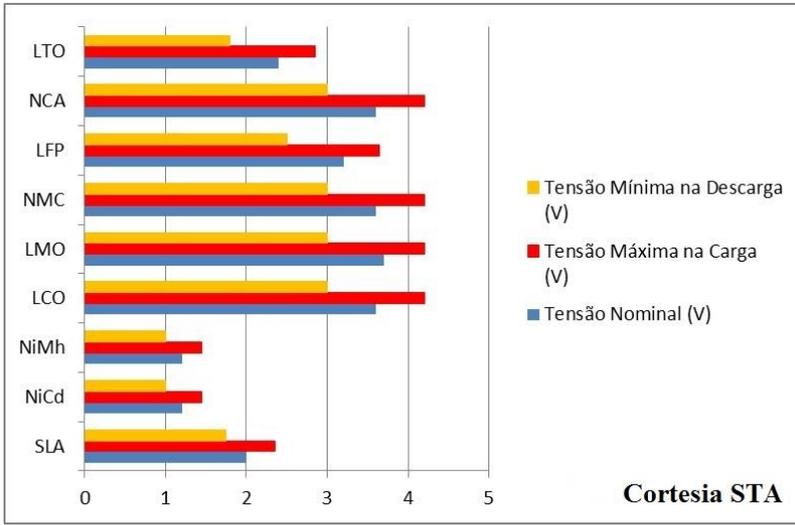


Figura 57 - Tensão das baterias recarregáveis

A figura a seguir compara a energia específica dos sistemas à base de chumbo, níquel e lítio.

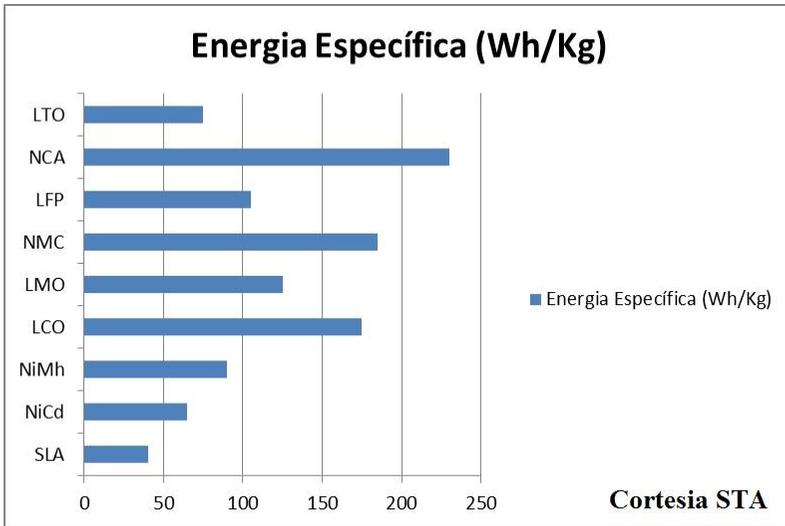


Figura 58 - Energia específica das baterias

A tabela a seguir mostra dados comparativos entre as baterias mais utilizadas.

Tipo de Bateria	NiCd	NiMh	Li-Ion	Chumbo
Densidade de Energia (Wh/Kg)	60	80	160	40
Número de Ciclos – Médio	1500	500	700	300
Tempo para Carga Rápida (hs)	1	3	3	12
Autodescarga Mensal (%)	20	30	10	5
Tensão da Célula (Volts)	1,25	1,25	3,6	2
Corrente de Carga Pico (C)	20	5	2	5
Corrente de Carga Padrão (C)	1	0,5	1	0,2
Temperatura Mínima (°C)	-40	-20	-20	-20 a 60
Temperatura Máxima (°C)	60	60	60	60

Tabela 11: Valores típicos para as baterias mais utilizadas

PACK DE BATERIAS

O QUE É UM PACK DE BATERIAS

Muitas vezes uma única bateria não é capaz de fornecer a tensão ou a corrente necessária. Nesses casos é necessário montar várias baterias em conjunto.

Esses conjuntos de baterias são popularmente conhecidos como “packs de baterias”.



Figura 59 - Pack de baterias com 6 células de Li-Ion

Packs de baterias são feitos pela combinação de baterias individuais. Através da combinação de várias células, se obtêm capacidades e tensões diferentes.

A forma como estas células são combinadas determina as especificações finais para cada bateria resultante (pack de bateria).



Figura 60 - Pack com 40 células Li-Ion para e-bike



Figura 61 - Pack com 45 pilhas alcalinas

MAIOR TENSÃO - LIGAÇÕES EM SÉRIE

Baterias à base de níquel fornecem uma tensão de bateria de 1,2V por célula. Uma bateria de chumbo-ácido fornece 2V por célula e a maioria das baterias de Li-Ion são de 3,2V ou 3,6V. Os sistemas de lítio-manganês e Li-Ion às vezes usam 3,7V como tensão nominal da bateria. Pilhas alcalinas fornecem 1,5V.

Quando a tensão de uma célula não é suficientemente alta para alimentar determinada carga, ligam-se duas ou mais células em série, para obter tensões mais elevadas.



Figura 62 - Pack de lítio-polímero para modelismo

Em uma conexão em série, o terminal positivo de uma bateria é conectado ao polo negativo de outra bateria e assim sucessivamente. O terminal positivo de uma célula sempre se conecta ao polo negativo da célula seguinte.

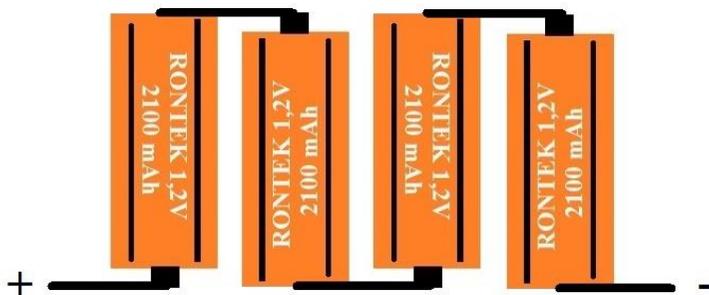


Figura 63 - Ligação em série

Essas conexões em série podem combinar duas células ou centenas de células. O número de células ligadas em série depende da tensão que é necessária.

Para calcular a tensão de um conjunto de células de baterias ligadas em série, basta multiplicar a tensão de uma célula pelo número de células ligadas em série.

Tensão das baterias em série = Tensão de uma célula x número de células em série.

Numa ligação em série, a capacidade resultante é igual à capacidade individual de cada célula.



Figura 64 - Pack de baterias ligadas em série

Usando células de Li-Ion de 3,7V, se ligamos duas células em série, teremos 7,4V. Se adicionarmos uma célula a mais em série, para um total de três células teremos uma bateria de 11,1V. Com dez células em séries teremos 37V. Com quinze células em série teremos 55,5V.

Uma coisa importante de lembrar é que a tensão nominal de uma bateria ou célula é só um valor de tensão na curva de descarga da bateria. Na realidade, durante o processo de descarga, a bateria apresenta vários valores de tensão.

Uma célula de Li-Ion de 3,7V nominais pode ser carregada até 4,2V e descarregada até 2,5V.

Então se montarmos um pack de baterias com 10 células em série teremos uma tensão de 42V quando totalmente carregado até 25V quando totalmente descarregado.

Se temos um dispositivo que requer pelo menos 30V para operar, então parariamos de descarregar esse pack em 3,0V por célula, mesmo que a bateria ainda tivesse energia suficiente para ser descarregada até 25V.

Isso equivale a não utilizar cerca de 5% da capacidade total do pack. Podemos achar que 5% não é uma grande coisa, mas e se esse dispositivo necessitasse 35V? Teríamos que parar a descarga quando cada célula chegasse a 3,5V, o que equivaleria a deixar cerca de 40% da capacidade da bateria não utilizada. É por isso que é importante considerar toda a gama de tensão de uma bateria ao calcular quantas células em série são necessárias para um projeto.

Muitos equipamentos eletrônicos como inversores, motores elétricos e outros dispositivos de corrente contínua são projetados para tensões em incrementos de 12V, como um farol de 12V ou uma bicicleta elétrica de 48V.

Este é um resquício de muitos anos, quando as baterias de chumbo-ácido foram usadas para estes tipos de dispositivos de potência.

Baterias de chumbo-ácido usam células que têm uma tensão nominal de 2V. Normalmente ligam-se 6 células em série no interior da bateria de forma a se obter 12V. Essas baterias de 12V são facilmente conectadas em série para criar qualquer outra bateria com incrementos de 12V. O problema que este velho sistema criou para nós é que a maioria das baterias de lítio não consegue dar uma tensão de 12V.

A maioria dos eletrônicos, mas não todos, são capazes de lidar com uma pequena gama de tensões acima ou abaixo de sua tensão nominal. Por exemplo, um farol de 12V provavelmente funcione relativamente bem com uma tensão de entre 9V e 15V, embora equipamentos mais sensíveis tenham intervalos menores de tensão admissível. Esta gama de tensão nos permite usar uma bateria de lítio cuja tensão de 11,1V é próxima aos 12V.

Por exemplo, bicicletas elétricas são geralmente projetadas para baterias de 24V, 36V ou 48V. Novamente, isso ocorre porque a maioria dos componentes para bicicletas elétricas foram originalmente projetados para baterias de chumbo-ácido.

A bateria de Li-Ion mais comumente aceita para bicicletas elétricas de 24V, são 7 células em série, que criam uma tensão de

25,9V nominal e que na prática varia de aproximadamente de 21V a 29V durante o uso.

Para bicicletas elétricas de 36V, quase todos os fabricantes usam 10 células de Li-Ion em série para criar 37V nominais que vária de aproximadamente 30V a 42V durante o uso.

Quando se trata de bicicletas elétricas de 48V baterias de Li-Ion com 13 células em série costuma ser a configuração mais popular para uma bateria de 48V. Isto resulta em uma tensão nominal de 48,1V e uma tensão sob uso de aproximadamente entre 39V e 54V.

No entanto, com a queda de tensão, a bateria realmente passaria a maioria de seu tempo abaixo de 48V, o que resulta em menos energia.

Por esta razão, muitas baterias de 48V para bicicletas elétricas são feitas agora com 14 células em série o que dá uma tensão nominal de 51,8V e tem uma maior gama de tensão variando de aproximadamente 42V a 58,8V.

Estas baterias são muitas vezes especificadas como baterias de 52V em vez de 48V para significar que elas tem de fato uma tensão maior do que as baterias de Li-Ion de 48V.

Outras indústrias nem sempre tem esse problema de incremento de 12V e essencialmente podem usar qualquer tensão que projetem para seus dispositivos. Ferramentas que usam baterias são um grande exemplo.

Células de LiFePO₄ se prestam mais facilmente a incrementos de 12V. Com 3,2V nominais por/célula, combinando-se quatro células de LiFePO₄ em série, se criará um pack de tensão de 12,8V nominais, que está muito perto de 12V.

As células de LiFePO₄ são bastante populares para veículos elétricos originalmente projetados para baterias de chumbo-ácido de 12V.

Um conjunto de 5 baterias à base de níquel ligadas em série, fornece 6V (6,25V com uma tensão nominal de 1,25V por célula) e um conjunto de 6 baterias fornece 7,2V.

A bateria de chumbo-ácido portátil vem em formato de 3 células (6V) e em 6 células (12V).

A família de baterias Li-Ion tem 3,6V para um conjunto de 1 célula, 7,2V para um conjunto de 2 células e 10,8V para um conjunto de 3 células. As baterias de 3,6V e 7,2V são comumente usadas em telefones celulares; laptops usam conjuntos de 10,8V.

MAIOR CAPACIDADE - LIGAÇÕES EM PARALELO

Conexões em paralelo são usadas para a obtenção de altas taxas de Ah (ampère hora).

Quando possível, projetistas de conjuntos de baterias preferem usar baterias maiores. Isso não pode ser sempre praticado porque novas químicas de baterias vêm em tamanhos limitados.

Frequentemente, uma conexão paralela é a única opção para aumentar a capacidade da bateria.

Também é necessária a utilização em paralelo se as dimensões do conjunto restringirem o uso de baterias maiores.

Entre as químicas de baterias, a de Li-Ion é a que melhor permite conexão paralela.

Conexões paralelas são feitas conectando os terminais positivos entre si e também os terminais negativos.

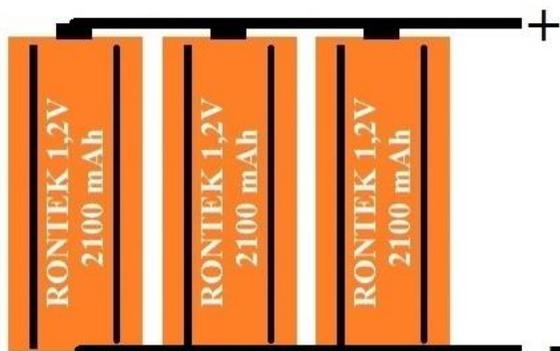


Figura 65 - Ligação em paralelo

Para conectar duas células em paralelo, simplesmente conecta-se o terminal positivo da primeira célula com o terminal positivo da segunda célula e em seguida, conecta-se o terminal negativo da primeira célula para o terminal negativo da segunda célula.

Isto essencialmente cria uma célula maior, porque as duas células agora partilham os mesmos terminais e funcionam como células de uma bateria.

Na ligação em paralelo a corrente do conjunto é igual à soma das correntes de cada bateria. A tensão do conjunto é igual à tensão de uma bateria.

Capacidade das baterias em paralelo = Capacidade de uma célula x número de células em paralelo.

Duas células Li-Ion, cada uma com uma tensão nominal de 3,7V e capacidade de 3.000mAh, conectadas em paralelo, juntando-se os terminais positivos e, em seguida, seus terminais negativos, criam uma bateria de 3,7V e 6.000mAh.

Adicionando uma célula a mais em paralelo com as duas primeiras, se criará um pack de baterias com 3,7V e 9.000mAh.



Figura 66 - Pack de baterias ligadas em paralelo

Uma nota importante de segurança: antes de se conectar qualquer célula ou baterias em paralelo, deve-se garantir que elas tenham tensões quase idênticas.

Se as tensões são muito diferentes, isto significa que uma célula está em um estado maior de carga do que o outro.

Quando se conecta células com tensões diferentes, a célula com tensão maior vai descarregar parte de sua energia nas células que estão com tensão menor.

Se a diferença de carga é grande, a célula mais carregada tentará despejar uma grande quantidade de energia de uma só vez dentro da célula de carga inferior.

Este fluxo de corrente alto irá danificar as duas células e pode resultar em células superaquecidas ou até pegando fogo.

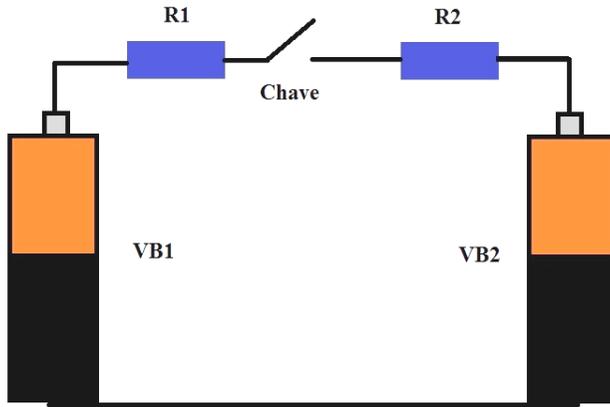


Figura 67 - Ligação paralela

Como exemplo, vamos imaginar que estamos ligando duas baterias em paralelo como mostrado na figura acima.

A primeira bateria está totalmente carregada com 4,2V e a segunda bateria está descarregada com 2,2V. Vamos supor que as duas baterias tenham uma resistência interna de 10 miliohms (R1 e R2).

Para calcular a corrente inicial (I) utiliza-se a lei de Ohm:

$$I = (VB1 - VB2) / (R1 + R2)$$

$$I = (4,2 - 2,2) / 0,01 = 200 \text{ A}$$

Essa corrente de 200A irá danificar as duas baterias mesmo que ela dure muito pouco tempo.

Na prática nem sempre a diferença de tensão é tão grande e nem as resistências internas são tão pequenas.

Mas mesmo assim, ao ligar duas baterias em paralelo haverá circulação de corrente até que a tensão entre as baterias seja equalizada.

Para que a corrente inicial seja a mais baixa possível, para que as células não sejam danificadas, certifique-se que as células têm tensões semelhantes ou idênticas antes de conectá-las em paralelo.

LIGAÇÕES EM PARALELO E EM SÉRIE

Até agora vimos que conexões em série aumentam a tensão de uma bateria, mas não afetam a capacidade, enquanto conexões paralelas aumentam a capacidade da bateria, mas não afetam a tensão.

Então, como aumentar tanto a tensão bem como a capacidade simultaneamente? Simplesmente combinando conexões paralelas e em série.



Figura 68 - Baterias ligadas em série e paralelo

No exemplo da figura acima, temos três conjuntos de baterias ligados em série. Cada conjunto é composto por três baterias ligadas em paralelo. Sendo assim, cada conjunto de três baterias ligadas em paralelo, pode ser considerado uma única bateria de 3,7V e 9.000mAh. Ligando-se estes três conjuntos em série obtêm-se 11,1V e 9.000mAh.

Para falar sobre a montagem desses packs usamos abreviaturas. A ligação em série é indicada por “s” e a ligação em paralelo é indicada por “p”.

A bateria que criamos no exemplo acima poderia ser nomeada como uma bateria 3s3p, pois tem três conjuntos em série, sendo cada conjunto com três células em paralelo.

Se usarmos as mesmas células do exemplo da figura 68 para criar uma bateria 10s4p, teríamos um pack de baterias de 37V e 12Ah, que podemos calcular como:

$$\begin{aligned} \text{Tensão} &= 10 \text{ células em série} \times 3,7\text{V por célula} = 37\text{V} \\ \text{Capacidade} &= 4 \text{ células em paralelo} \times 3\text{Ah por célula} = 12\text{Ah} \end{aligned}$$

Um pack de baterias 13s4p, usando células de Li-Ion de 3,7V e 3Ah teria as seguintes especificações:

Total de tensão = 13 células em série x 3,7V por célula = 48,1V
 Capacidade total = 4 células em paralelo x 3Ah por célula = 12Ah

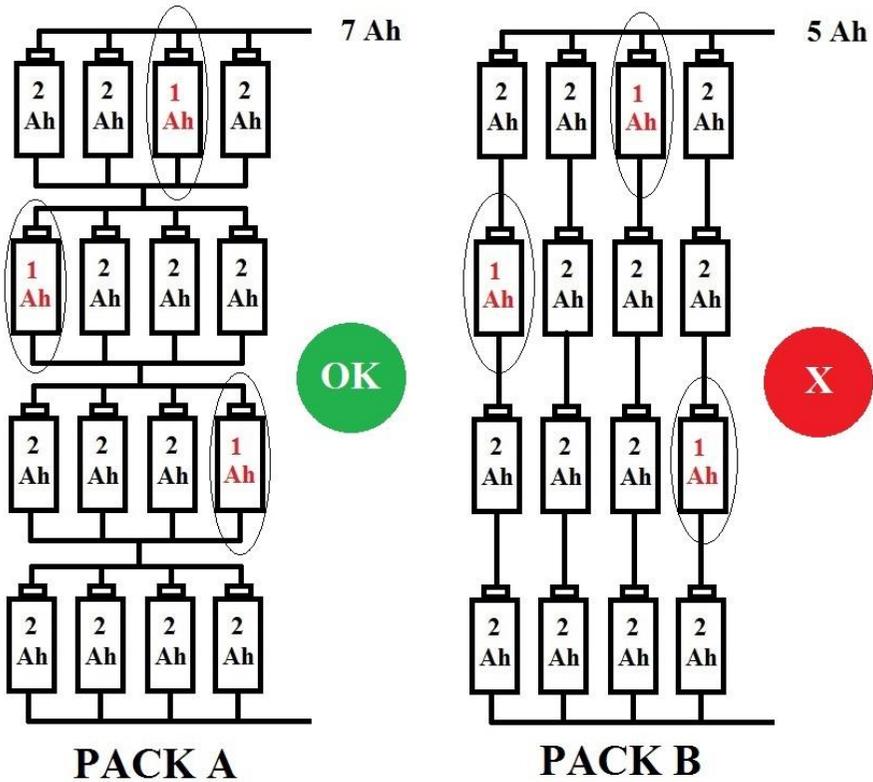


Figura 69 - Tipos de ligação em série e em paralelo

Existem duas formas de se ligar baterias em série e paralelo como mostrado na figura acima.

No pack A da figura 69, primeiro liga-se as baterias em paralelo e depois em série. No pack B, primeiro liga-se as baterias em série e depois em paralelo.

Se todas as baterias tivessem a mesma capacidade, as duas formas de se ligar as células seriam equivalentes.

Porém na prática nem sempre isso ocorre. Quanto maior o numero de células num pack de baterias, maior a probabilidade de haver células com capacidades diferentes.

No exemplo da figura 69 se todas as células tivessem 2Ah, a capacidade do pack A e do pack B seria 8Ah. Porém, se em cada pack tivermos três células com a capacidade reduzida para 1Ah, o pack A teria 7Ah enquanto o pack B teria apenas 5Ah.

Portanto é preferível ligar primeiro as células em paralelo e depois colocar os conjuntos em série como no pack A.

CIRCUITOS DE PROTEÇÃO

A maioria dos packs de baterias inclui algum tipo de proteção para proteger a bateria e o equipamento, no caso da ocorrência de mau funcionamento.

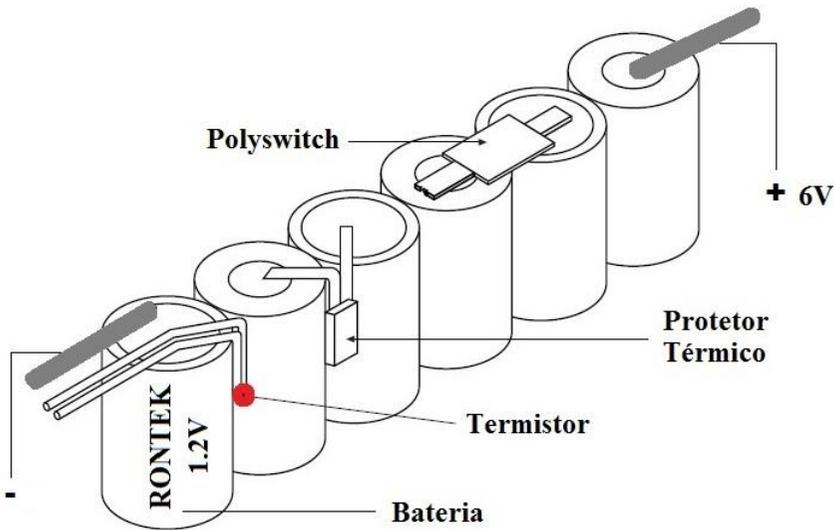


Figura 70 - Componentes de proteção de pack de baterias

A proteção mais básica de packs de baterias é um fusível que se abre no caso de uma corrente excessiva. Alguns fusíveis se abrem permanentemente e tornam a bateria inútil uma vez que o filamento é quebrado.

Outros fusíveis são baseados em um polyswitch, que se assemelha a um fusível reutilizável.

Em condições normais a resistência do polyswitch é baixa. Quando a corrente que circula pela bateria é excessiva, o polyswitch cria uma resistência alta, inibindo o fluxo de corrente. Quando a condição se normaliza, a resistência do polyswitch reverte para baixo, permitindo retomar a operação normal.

Comutadores de estado sólido também são utilizados para interromper a corrente. Ambos comutadores de estado sólido e o polyswitch têm uma resistência residual durante a operação normal, causando um aumento na resistência do circuito.

Um circuito de proteção mais completo é encontrado em baterias intrinsecamente seguras. Essas baterias são usadas em rádios de duas vias, detectores de gases e outros instrumentos eletrônicos que operam em uma área perigosa tal como refinarias de óleo e elevadores de grãos.

O circuito de proteção previne correntes excessivas, que pode conduzir a um alto aquecimento e faísca elétrica. Existem vários níveis de segurança intrínseca, cada uma servindo para um nível específico de perigo. A exigência para segurança intrínseca varia de país para país. O custo de compra de uma bateria intrinsecamente segura é de duas ou três vezes o de uma bateria normal.

O termistor é um dispositivo que tem sua resistência elétrica alterada pela temperatura. Normalmente é fixado na parte externa de uma das células. Um circuito eletrônico monitora a resistência do termistor. Quando se detecta uma variação nessa resistência o circuito entende que a temperatura está alta demais e providencia a interrupção da corrente na bateria.

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE BATERIA (BMS)

No caso das baterias Li-Ion é necessário a utilização de um sistema de gerenciamento de bateria (BMS – Battery Management System) para manter a segurança das baterias.

Sistemas de gerenciamento de bateria (BMSs), ou como são mais comumente conhecidos, módulos de circuito de proteção (PCMs) ou placas de circuito de proteção (PCB), são circuitos que

devem ser adicionados a uma bateria de Li-Ion para proteger a saúde das células individuais na bateria.

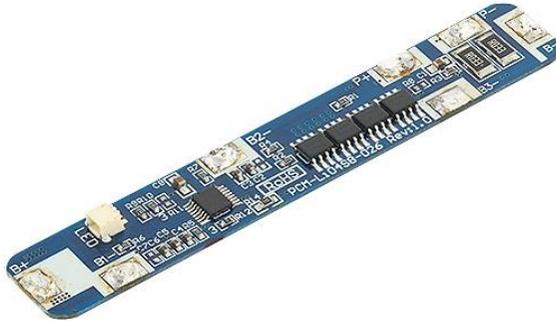


Figura 71 - Placa de proteção de baterias Li-Ion – BMS

As baterias de Li-Ion não devem ser sobrecarregadas (tensão de excessiva ou corrente de descarga excessiva) e também não podem ser descarregadas abaixo da tensão mínima.

Isso geralmente é feito com uma placa de segurança que monitora a carga e descarga da bateria e evita que coisas perigosas aconteçam. As especificações destas placas de segurança são ditadas pela fabrica das células e podem incluir o seguinte:

- Proteção contra inversão de polaridade
- Temperatura de carga – a bateria não deve ser carregada quando a temperatura é inferior a 0°C ou superior a 45°C.
- A corrente de carga não deve ser muito alta, normalmente abaixo de 0,7C.
- Proteção de corrente de descarga para evitar danos devido a curtos-circuitos.
- Tensão de carga - um circuito se abre se muita tensão é aplicada aos terminais da bateria
- Proteção contra sobrecarga - termina a carga quando a tensão por célula aumenta acima de 4,30V
- Proteção contra descarga excessiva - termina a descarga quando a tensão da bateria cai abaixo de 2,3V por célula (varia de acordo com o fabricante).
- Um circuito se abre se a bateria for exposta a temperaturas acima de 100°C.

Nós já vimos que packs de baterias são montados conectando-se várias células em série e em paralelo.

Numa ligação em paralelo, o conjunto de células age como se fosse uma grande célula. Quando uma tensão de carga é aplicada ao conjunto de células em paralelo, todas as células do grupo experimentam a mesma tensão.

Tão logo a tensão de uma célula tente aumentar, corrente flui em suas células vizinhas e isso mantém o equilíbrio de tensão. Isso é conhecido como balanceamento. Células balanceadas têm a mesma tensão e, portanto o mesmo estado de carga.

Mas células ligadas em série não funcionam da mesma maneira. Quando uma carga é aplicada a várias células ligadas em série, apesar da corrente de carga ser a mesma em todas as células, as tensões serão diferentes em cada célula.

As células não são exatamente iguais. Tem resistências internas diferentes e tem estados iniciais de carga diferentes. Um fabricante não pode prever a capacidade exata quando a célula sai da linha de produção, e isso é especialmente verdadeiro com baterias de chumbo e outras baterias que envolvem montagem manual. Mesmo a produção de células totalmente automatizada em salas limpas causa diferenças de desempenho.

Como parte do controle de qualidade, cada célula é medida e segregada em categorias de acordo com seus níveis de capacidade. As baterias de alta capacidade e outras células podem ser reservadas para aplicações especiais e vendidas a preços superiores; A grande gama média irá para mercados comerciais e industriais. E as células de baixo grau podem acabar em um produto de consumo ou em uma loja de departamentos.

A incompatibilidade de células é uma causa comum de falha em baterias industriais. As células ficarão desbalanceadas, ou seja, terão estados diferentes de carga e tensão. Fabricantes de ferramentas elétricas profissionais e equipamentos médicos são cuidadosos com a escolha de células para obter boa confiabilidade da bateria e longa vida útil.

Um pack de baterias com células de boa qualidade, com conexões elétricas bem feitas, terá células com resistências quase idênticas. Isso faz com que as células fiquem balanceadas. No entanto, em níveis mais elevados de correntes, nem a boa qualidade das células garante o seu balanceamento.

Para células de baixa qualidade, com grandes diferenças na resistência interna, ou mesmo para packs de baterias feitos com células de boa qualidade, mas com ligações elétricas pobres, as células podem começar a perder o balanceamento após alguns ciclos de carga.

A tolerância de capacidade entre as células de uma bateria industrial deve ser de +/- 2,5%.

Para packs de baterias de alta tensão concebidos para cargas pesadas e uma ampla gama de temperaturas deve-se reduzir ainda mais a tolerância da capacidade. Existe uma forte correlação entre o equilíbrio celular e a longevidade.

Realizando-se ensaios em diferentes packs de baterias Li-Ion com diferentes níveis de desbalanceamento de células conclui-se que quanto maior for o desbalanceamento das células num pack, maior será a perda de capacidade após alguns ciclos de carga e descarga.

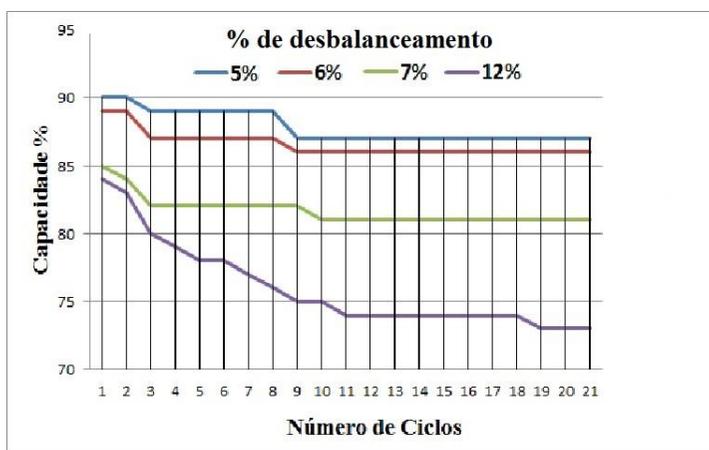


Figura 72 - Capacidade em packs desbalanceados

As células de Li-Ion de qualidade têm capacidade uniforme e autodescarga baixa quando novas. A adição de balanceamento de células é benéfica especialmente à medida que o pack de baterias envelhece e o desempenho de cada célula diminui em seu próprio ritmo.

Todas as células Li-Ion requerem um circuito de proteção que assegure que as células conectadas em série não excedam

4,25V/célula (a maioria dos Li-Ion) na carga e que desconecta a carga quando a célula mais fraca cai para 2,80V/célula ou inferior.

A desconexão na descarga impede que as células mais fortes empurrem a célula mais fraca para polaridade inversa.

Isso pode explicar por que os packs Li-Ion para ferramentas elétricas duram mais do que as baterias de níquel sem um circuito de proteção. O circuito de proteção também protege a bateria de corrente de carga excessiva.

Existem carregadores de balanceamento que monitoram cada grupo células em série e que promovem o balanceamento durante o processo de carga.

Porém carregadores simples, que aplicam uma tensão no pack, não conseguem fazer com que todas as células sejam carregadas com a mesma tensão.

Algumas células ficarão sobrecarregadas, com tensão superior e outras ficarão com tensão inferior e um estado mais baixo de carga. Essas células vão ser drenadas ainda mais da próxima vez que o pack for descarregado, causando danos irreparáveis a essas células.

Em seguida, as células de tensão mais elevada vão ser carregadas com mais de 4,2V (a tensão adequada de carga completa para Li-Ion) ou 3,65V (a tensão adequada de carga completa para LiFePO₄). Passar qualquer quantidade de tempo acima da tensão máxima causará danos irreparáveis para as células.

O desbalanceamento de células é também uma condição degenerativa. Como as células tornam-se desequilibradas, elas suportam uma quantidade desproporcional da carga, que faz com que elas se tornem mais desequilibradas até que a bateria se destrói.

O que podemos fazer para impedir que as células se tornem desequilibradas após muitos ciclos de carga? Uma opção é usar um carregador de balanceamento, como mencionado acima. Carregadores de balanceamento são comumente usados para baterias lítio-polímero.

Os carregadores de balanceamento além de carregar o pack de baterias como um todo, também possuem fios menores que são conectados a cada célula, ou grupo de células em paralelo.

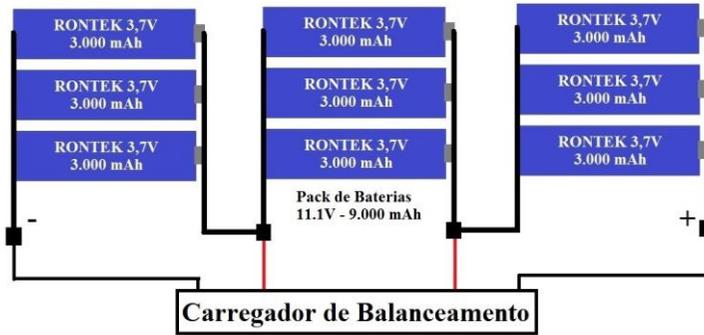


Figura 73 - Carregador de balanceamento

As placas BMS permitem que um carregador simples seja usado para carregar um pack de baterias.

A placa BMS situa-se entre o carregador simples e as células de bateria e regula as células. Ela permite que a tensão total do pack de baterias fornecida pelo carregador simples, chegue às células de maneira adequada.

A placa BMS basicamente faz o trabalho de um carregador de balanceamento, mas em vez de residir no carregador, geralmente é instalada no interior da bateria sob a forma de uma placa de circuito separada.

Placas BMS maiores, por outro lado, muitas vezes têm seus próprios compartimentos em separado, para ajudar a dispersar o calor causado pelo processo de balanceamento.

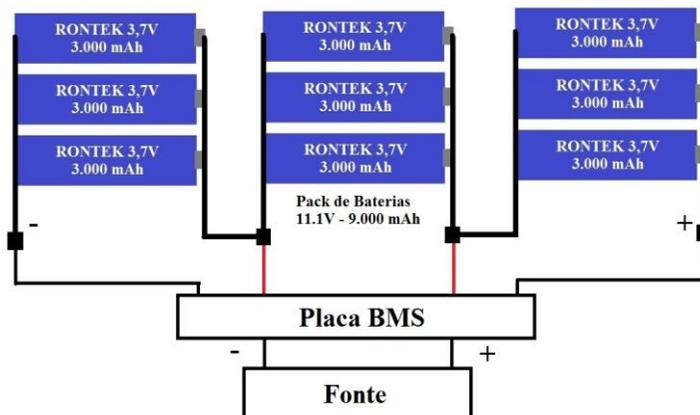


Figura 74 - Placa BMS de proteção

O fato de que a BMS está sempre conectada à bateria fornece alguns benefícios significativos.

Quase todas as placas BMSs também possuem um circuito de proteção para descarga. Porque elas estão conectadas a cada célula ou grupo de células, elas monitoram a tensão de cada célula.

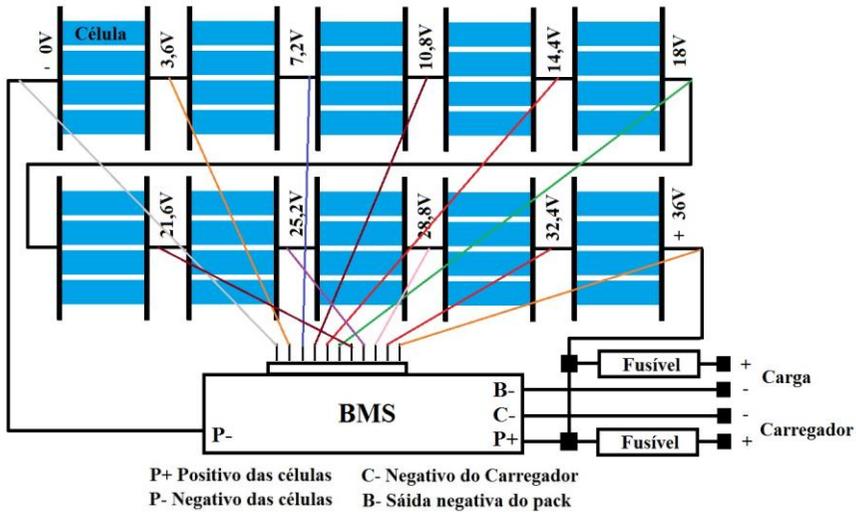


Figura 75 - Placa BMS com balanceamento

Sempre que a primeira célula atinge a tensão mínima de corte, a placa BMS vai cortar o circuito de descarga e interromper a descarga da bateria.

Isto protege as células da bateria de serem descarregadas além do mínimo o que produziria danos irreparáveis.

Além disso, a placa BMS também protege o pack de baterias contra corrente de descarga excessiva. A placa BMS corta a energia da bateria se a carga da bateria exceder um determinado limiar. A placa BMS também protege contra curto-circuito.

Algumas placas BMS têm proteção térmica incorporada, onde uma sonda de temperatura monitora a temperatura instantânea e pode parar o processo de carga ou descarga, se a bateria ficar quente demais.

O sensor de temperatura é colocado contra as células da bateria, onde será mais sensível a um aumento repentino na temperatura da célula.

Uma das principais desvantagens das placas BMS é que elas podem falhar ocasionalmente e quando isso acontece, muitas vezes ela causa o problema que ela foi construída para evitar.

Uma placa BMS que falha pode drenar lentamente as células em uma bateria, muitas vezes, a uma taxa que se torna imperceptível para o usuário. Isso pode resultar em dano nas células, tornando-as degradadas ou destruídas ao longo do tempo, ou muito rapidamente, dependendo do tipo de falha.

Baterias que são produzidas em massa com ênfase na redução de custos ou baterias de procedência desconhecida, são mais propensas a ter esses problemas devido a terem placas BMS baratas, com padrões de controle de qualidade pobre.

Às vezes, fabricantes tentam reduzir o custo das baterias já caras usando placas BMSs mais baratas. Isso resulta em uma morte prematura da bateria, quando a placa BMS de baixa qualidade falha. Packs de bateria de qualidade devem ter células de qualidade bem como placas BMS de qualidade.

BATERIAS INTELIGENTES



Figura 76 - Baterias inteligentes

Uma bateria comum tem o problema de não ser capaz de mostrar a quantidade de energia de reserva que ela retém. Nem peso, cor, nem tamanho fornecem qualquer indicação do estado de carga e

de “saúde” da bateria. O usuário está “a mercê” da bateria, quando retira do carregador uma bateria recém-carregada.

A ajuda está à disposição. Um número crescente de novas baterias recarregáveis é fabricado com “inteligência”.

Equipadas com um microchip, essas baterias são capazes de se comunicarem com o carregador e com o usuário para fornecerem informações estatísticas.

Aplicações típicas para baterias inteligentes são notebooks e câmeras de vídeo. Cada vez mais, essas baterias também são usadas em dispositivos biomédicos e aplicações de defesa.

Existem vários tipos de baterias inteligentes, cada uma oferecendo diferentes complexidades, desempenho e custo. A bateria inteligente mais básica pode conter apenas um chip para identificar sua química e dizer ao carregador qual algoritmo de carga aplicar.

Outras baterias podem ser consideradas inteligentes simplesmente porque eles fornecem proteção contra sobrecarga, subdescarga e curto-circuito.

O que então torna uma bateria inteligente? Definições ainda variam entre organizações e fabricantes. Uma bateria inteligente deve ser capaz de fornecer indicações do estado de carga.

Durante os anos 90, emergiram numerosas arquiteturas de baterias inteligentes com leitura do estado de carga.

Elas se classificam em sistema de via única, sistema de via dupla e Barramento de Gerenciamento do Sistema (SMBus).

A maioria dos sistemas de via dupla é baseada no protocolo SMBus. Iremos apenas falar sobre o sistema de via única e sobre o SMBus.

O sistema de via única é o mais simples e faz toda a comunicação de dados através de um único cabo. Uma bateria equipada com um sistema de via única usa apenas três cabos: o terminal positivo, o negativo e o terminal de dados. Por razões de segurança, a maioria dos fabricantes de baterias coloca um cabo separado para a medição da temperatura. A figura a seguir mostra o esquema de um sistema de via única. O sistema de via única armazena dados específicos da bateria e segue parâmetros da bateria, incluindo temperatura, tensão, corrente e carga restante. Por causa da simplicidade e do custo de hardware relativamente baixo, o sistema de via única tem uma ampla aceitação de mercado para telefones

móveis de alta qualidade, rádios de comunicação de duas vias e filmadoras.

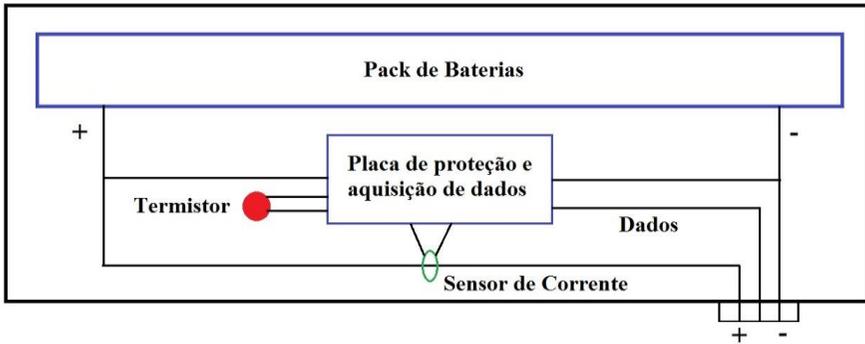


Figura 77 - Baterias inteligentes sistema de via única

O SMBus é o mais completo de todos os sistemas. Ele representa um grande esforço da indústria de eletrônicos portáteis em padronizar um protocolo de comunicações e uma configuração de dados. O SMBus é um sistema de interface de dois cabos através do qual simples chips referentes à energia podem se comunicar com o resto do sistema. Um cabo controla os dados; o segundo é o relógio.

A especificação Duracell/ Intel SBS, em uso hoje, foi padronizada em 1993. Em anos anteriores, fabricantes de computadores tinham desenvolvido suas próprias baterias inteligentes. Com a nova especificação SBS, um padrão de interface maior se tornou possível.

A filosofia de projeto por trás da bateria SMBus é a de remover o controle de carga do carregador e fixar na bateria. Com um verdadeiro sistema SMBus, a bateria torna-se o mestre e o carregador serve de escravo que deve seguir as ordens da bateria.

O sistema SMBus permite que novas químicas de baterias sejam introduzidas sem que o carregador se torne obsoleto. Pelo fato da bateria controlar o carregador, a bateria gerencia os níveis de tensão e corrente, bem como os limiares de interrupção. O usuário não precisa saber qual química de bateria está sendo usada.

Uma bateria SMBus contém dados permanentes e temporários. Os dados permanentes são programados dentro da bateria no momento em que são fabricadas e inclui o número de identificação

(ID) da bateria, tipo de bateria, número serial, nome do fabricante e data de fabricação.

Os dados temporários são obtidos durante o uso e consistem na contagem de ciclo, padrões do usuário e exigências de manutenção. Alguns dos dados temporários estão sendo substituídos e renovados durante a vida da bateria.

O SMBus é dividido em Nível 1, 2 e 3. O nível 1 tem sido eliminado porque ele não fornece carregamento independente da química. O nível 2 é projetado para o carregamento no circuito interno do laptop. Um laptop que carregue sua bateria dentro da unidade é um típico exemplo de nível 2. Outra aplicação de nível 2 é uma bateria que contenha o circuito de carga dentro do conjunto. O nível 3 é reservado para carregadores externos com funções complexas.

A maioria dos carregadores SMBus externos são baseados no nível 3. Infelizmente, esse nível é complexo e os carregadores são caros de se fabricar.

Alguns carregadores mais baratos têm surgido e acomodam baterias SMBus, mas não são totalmente SBS. Fabricantes de baterias SMBus não aprovam esse atalho. A segurança é sempre uma preocupação, mas os clientes compram esses carregadores econômicos por causa do preço mais baixo. A seguir é mostrado o esquema do sistema SMBus de duas vias.

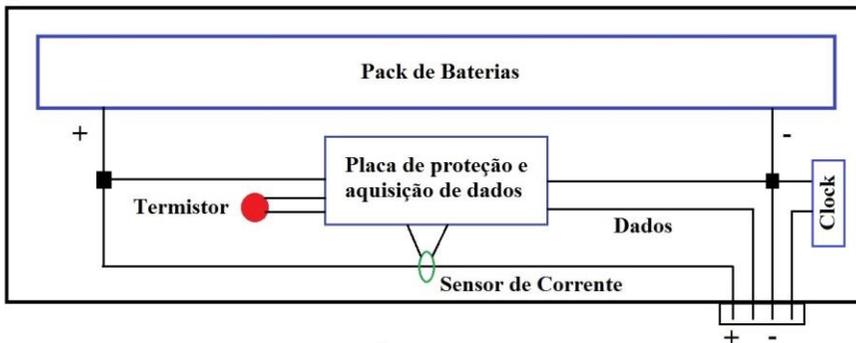


Figura 78 - Baterias inteligentes sistema SMBus

Entre as mais populares baterias SMBus para computadores portáteis estão a “35” e “202”. Fabricadas pela Sony, Hitachi, GP

Batteries, Moltech (anteriormente Energizer), Moli Energy e muitas outras.

A maioria das baterias SMBus é equipada com um indicador de nível de carga.

Quando se pressiona um botão de estado de carga em uma bateria que está completamente carregada, todas as luzes de sinalização são iluminadas.

Em uma bateria parcialmente descarregada, metade das luzes é iluminada, e em uma bateria vazia, todas as luzes permanecem apagadas, conforme figura abaixo:

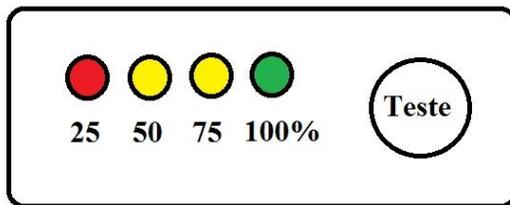


Figura 79 - Indicador de carga

Enquanto a informação de estado de carga mostrada em uma bateria ou tela de computador é útil, o medidor de carga retorna a 100% cada vez que a bateria é recarregada, independente do estado de “saúde” da bateria.

Um sério erro de cálculo ocorre se uma bateria envelhecida mostrar 100% após uma carga completa, quando de fato a aceitação de carga caiu para 50% ou menos. A questão permanece: “100% de quê?” Um usuário não familiarizado com essa bateria tem menos informação sobre a vida útil do conjunto.

COMO AUMENTAR A VIDA DAS BATERIAS

O QUE É A VIDA DE UMA BATERIA

Vida para baterias recarregáveis é a duração com um desempenho satisfatório, medido em anos ou no número de ciclos de carga e descarga. Considera-se uma bateria com desempenho satisfatório, aquela que é capaz de entregar pelo menos 80% de sua capacidade nominal.

Nesse capítulo examinaremos como o tempo de autonomia de um equipamento portátil pode não ser alcançado, especialmente após a bateria ter envelhecido e o que se pode fazer para prologar a vida das baterias.

Listamos os motivos que afetam o desempenho das baterias ao longo do tempo de utilização e quais os cuidados que prologam a vida delas.

DECLÍNIO DA CAPACIDADE

A quantidade de carga que uma bateria pode reter diminui gradualmente devido ao uso, envelhecimento e com algumas químicas com a falta de manutenção.

Especificada para fornecer aproximadamente 100% da capacidade quando nova, a bateria eventualmente requer substituição

quando a capacidade cai para o nível de 60 a 70%. O limiar de garantia é tipicamente de 80%.

O armazenamento de energia de uma bateria pode ser dividido em três seções imaginárias consistindo em energia disponível, zona vazia (que pode ser utilizada novamente) e zona inutilizada.

A figura a seguir ilustra essas três seções da bateria.

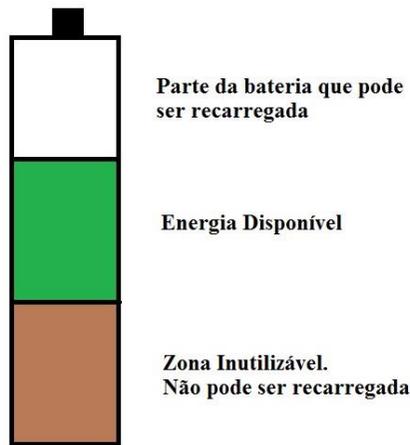


Figura 80 - Zona inutilizável das baterias

Em baterias à base de níquel, a zona inutilizada pode estar na forma de uma formação cristalina, também chamada de memória.

Um ciclo profundo pode frequentemente restaurar a capacidade para serviço completo.

A perda de aceitação de carga de baterias de Li-Ion e lítio-polímero é devida à oxidação da célula, que ocorre naturalmente durante o uso e como parte do envelhecimento.

A perda de capacidade é permanente porque os metais usados nas células são feitos para funcionarem por um tempo específico e estão sendo consumidos durante seus tempos de serviço.

A degradação do desempenho da bateria de chumbo-ácido é frequentemente causada por sulfatação, uma fina camada que se forma nas placas negativas das células, que inibem o fluxo de corrente. Além disso, existe uma corrosão da grade que se inicia na placa positiva.

AUMENTO DA RESISTÊNCIA INTERNA

A resistência interna, também conhecida como impedância, determina o desempenho e o tempo de vida da bateria. Se medida com um sinal AC, a resistência interna da bateria é também chamada de impedância. A alta resistência interna corta o fluxo de energia da bateria para o equipamento.

Enquanto uma bateria com resistência interna baixa pode entregar corrente alta quando exigida, uma bateria com alta resistência “desmorona” com corrente pesada.

Embora a bateria possa reter capacidade suficiente, a tensão cai para a linha de interrupção e o indicador de “bateria fraca” é acionado. O equipamento para de funcionar e a energia que permanece não é entregue.

Uma bateria com baixa impedância fornece fluxo irrestrito de corrente e entrega toda a energia disponível. Uma bateria com impedância elevada não pode entregar toda a energia levando o equipamento a parar de funcionar prematuramente. A figura a seguir ilustra os efeitos da impedância na carga da bateria.

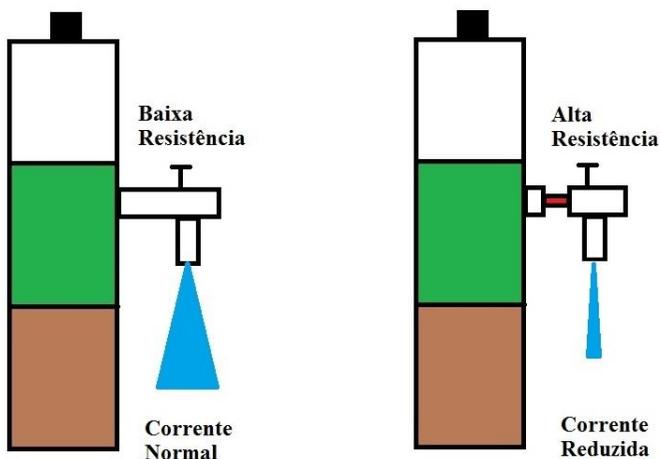


Figura 81 - Influência da resistência na corrente

A bateria de NiCd tem a menor resistência interna de todos os sistemas de baterias comerciais, até após fornecer 1000 ciclos. Em comparação, a bateria de NiMh começa com uma resistência

superficialmente maior e as leituras aumentam rapidamente após 300 a 400 ciclos.

Manter uma bateria com baixa resistência interna é importante, especialmente com dispositivos digitais. Falta de manutenção em baterias à base de níquel pode aumentar a resistência interna. Leituras de mais que o dobro da resistência normal têm sido observadas em baterias mal cuidadas. O recondicionamento livra as placas das células de formações cristalinas indesejáveis e restaura o fluxo de corrente adequado.

A bateria de Li-Ion oferece características de resistência interna que estão entre as de NiMh e NiCd. O uso não contribui muito para o aumento da resistência, mas o envelhecimento contribui.

Armazenar em local fresco e manter a bateria em um estado parcialmente carregado, quando não estiver sendo usada, retarda o processo de envelhecimento.

A resistência interna das baterias de Li-Ion não pode ser melhorada com carga/descarga. A oxidação da célula, que causa alta resistência, é irreversível. A causa final de falha é a alta resistência interna. Energia pode ainda estar presente na bateria, mas não poderá ser entregue por muito tempo devido à condutividade pobre.

Com esforço e paciência, baterias de chumbo-ácido podem às vezes ser melhoradas por carga/descarga, ou aplicando uma carga de pico ou de equalização.

Similar a uma bola macia que se deforma quando apertada, a tensão de uma bateria com alta resistência interna modula a tensão de fornecimento. Os pulsos de corrente empurram a tensão em direção à linha de fim de descarga, resultando em uma interrupção prematura.

Quando se mede a tensão da bateria com um voltímetro depois que o equipamento tiver interrompido e a carga tiver sido removida, a tensão terminal comumente se recupera e a leitura de tensão parece normal. Medir a tensão terminal aberta é um método não confiável para estabelecer o estado da carga da bateria.

Uma bateria com alta impedância pode funcionar bem se descarregada com uma corrente baixa, tal como uma lanterna, um toca CDs portátil ou um relógio de parede. Com carga reduzida, virtualmente toda a energia armazenada pode ser recuperada e a deficiência devida à alta impedância é camuflada.

A resistência interna de uma bateria pode ser medida com medidores de impedância. Vários métodos estão disponíveis, porém

o mais comum é aplicar cargas DC e sinais AC. O método AC pode ser feito com diferentes frequências.

Dependendo do nível de perda de capacidade, cada técnica fornece leituras um pouco diferentes. Em uma boa bateria, as medições são razoavelmente próximas; em uma bateria fraca, as leituras entre os métodos podem dispersar mais drasticamente.

Analísadores de bateria modernos oferecem medições de resistência interna como um teste rápido de bateria. Tais testes podem identificar baterias que falhariam devido à alta resistência interna, apesar da capacidade poder ainda ser aceitável.

AUTODESCARGA ELEVADA

Todas as baterias exibem certa quantidade de autodescarga; a maior é vista em baterias à base de níquel. Como regra, uma bateria à base de níquel descarrega 10 a 15% da sua capacidade nas primeiras 24 horas depois da carga, seguido por 10 a 15% a cada mês após isso.

A autodescarga na bateria de Li-Ion é mais baixa comparada aos sistemas à base de níquel. A bateria de Li-Ion se autodescarrega aproximadamente 5% nas primeiras 24 horas e 1 a 2% por mês após isso. Adicionar o circuito de proteção aumenta a autodescarga para 10% por mês.

Uma das melhores baterias em termos de autodescarga é o sistema de chumbo-ácido; ela apenas se autodescarrega 5% por mês. Contudo a família de chumbo-ácido tem também a menor densidade de energia entre os atuais sistemas de energia. Isso torna o sistema inadequado para a maioria das aplicações portáteis.

Em altas temperaturas, a autodescarga aumenta em todas as químicas de baterias. Tipicamente, a taxa dobra a cada 10°C.

Grandes perdas de energia ocorrem através da autodescarga se uma bateria é deixada em um veículo quente. Em algumas baterias mais antigas, a energia armazenada pode ir embora durante o curso do dia através da autodescarga.

A autodescarga de uma bateria aumenta com a idade e com o uso. Por exemplo, uma bateria de NiMh é boa para 300 a 400 ciclos, ao passo que uma de NiCd funciona adequadamente acima de 1000 ciclos antes que a autodescarga afete a performance da bateria.

Uma vez que a bateria apresente autodescarga elevada, nenhum remédio está disponível para reverter o efeito. Os fatores que aceleram a autodescarga em baterias à base de níquel são separadores danificados e alta contagem de ciclo, que promove inchaço na célula.



Figura 82 – Perda por autodescarga

No presente, nenhum teste rápido simples está disponível para medir a autodescarga da bateria. Um analisador de bateria pode ser usado para primeiro ler a capacidade inicial após carga completa, e depois medir a capacidade novamente após um período de descanso de 12 horas.

INTERRUPÇÃO PREMATURA DE TENSÃO

Alguns equipamentos portáteis não utilizam completamente o espectro de tensão da bateria. O equipamento interrompe antes que a tensão de fim de descarga seja alcançada e alguma energia preciosa da bateria permanece inutilizada.

A ilustração abaixo mostra um equipamento com alta tensão de interrupção.

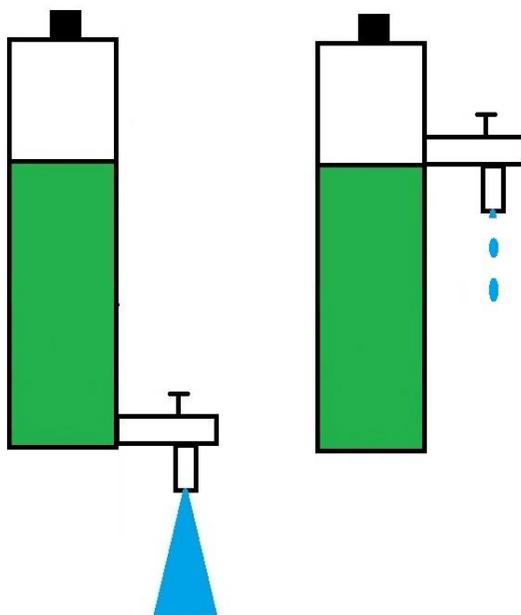


Figura 83 - Interrupção precoce

O problema da interrupção de tensão é mais comum do que é comumente suposto.

Por exemplo, certa marca de telefone celular que é alimentado com uma bateria de Li-Ion de célula simples interrompe a 3,3V. A bateria de Li-Ion pode ser projetada para ser usada a 3V e menos.

Com uma descarga para 3,3V, apenas aproximadamente 70% da esperada capacidade de 100% é utilizada. Outro telefone celular que use baterias de NiMh e NiCd interrompe a 5,7V. As baterias à base de níquel de 5 células são projetadas para descarregar até 5 Volts.

Ao descarregar essas baterias para seus respectivos limiares de fim de descarga, depois de o equipamento ter interrompido, pode-se extrair até 60% de capacidade da bateria. Alta capacidade residual é predominante em baterias que têm resistência interna elevada e são operadas a temperaturas ambientes mornas.

Dispositivos digitais que carregam a bateria com picos de correntes são mais receptivos à interrupção de tensão prematura, do que equipamento analógico.

Em muitos casos o problema de interrupção prematura é induzido por uma célula com baixa tensão. Baixa tensão é frequente em conjuntos de baterias que contém uma célula com um curto-circuito elétrico.

Efeito memória também causa um decréscimo na tensão; contudo, isso está apenas presente em sistemas à base de níquel. Além disso, a temperatura elevada diminui o nível de tensão em todos os sistemas de baterias. A redução de tensão devido a altas temperaturas é temporária e se normaliza uma vez que a bateria se esfrie.

BATERIAS DESBALANCEADAS

A má combinação das baterias pode ser encontrada tanto em conjuntos novos quanto em conjuntos envelhecidos.

Um controle de qualidade inadequado na fabricação da bateria e combinação inadequada quando se montam packs de baterias, causam conjuntos desequilibrados.

Uma bateria desbalanceada armazena menos capacidade e é descarregada mais rapidamente que uma bateria balanceada. Esse desbalanceamento causa reversão de polaridade em uma célula fraca se a bateria for descarregada abaixo de 1V/célula.

A bateria fraca alcança carga completa primeiramente e entra em uma sobrecarga geradora de calor enquanto uma bateria mais forte ainda aceita carga e permanece fresca.

Em ambas as situações, a bateria fraca está em desvantagem, tornando-a mais fraca e contribuindo para uma condição mais crítica.

Fabricantes de ferramentas de energia escolhem baterias de alta qualidade por causa da sua durabilidade sob duras condições de carga e temperaturas extremas. Baterias mais baratas têm sido tentadas, mas falham prematuramente e a consequente reposição é mais custosa que o investimento inicial.

A capacidade de combinação entre as baterias em um conjunto de baterias deve estar dentro de mais ou menos 2,5%. Existe uma forte correlação entre baterias bem balanceadas e a longevidade do conjunto de baterias.

Baterias à base de lítio possuem tolerâncias de combinação mais severas que as baterias à base de níquel. A combinação justa de

todas as baterias do conjunto é especialmente importante em químicas à base de lítio.

Todas as baterias devem alcançar o limiar de tensão de fim de descarga ao mesmo tempo. O ponto de carga completa deve ser alcançado ao mesmo tempo por todas as baterias.

Se as baterias forem desbalanceadas, a bateria mais fraca será descarregada a um ponto de tensão mais baixo antes da interrupção ocorrer.

Na carga, essa bateria mais fraca irá atingir o estado de carga completa antes das outras, fazendo com que a tensão aumente mais que nas baterias mais fortes. Esse balanço de tensão maior colocará indevido esforço na bateria mais fraca.

Cada bateria em um conjunto à base de lítio deve ser monitorada eletronicamente para garantir a apropriada combinação das baterias. Um circuito eletrônico tem que ser adicionado para compensar as diferenças nas tensões da bateria.

A bateria de Li-Ion deve ser controlada abaixo do nível da célula para garantir segurança. Essa química é considerada muito segura, considerando o grande número de baterias de Li-Ion que estão em uso.

BATERIAS EM CURTO-CIRCUITO

Os fabricantes são incapazes de explicar porque algumas baterias desenvolvem um curto-circuito quando as baterias estão ainda relativamente novas. Há um número de razões possíveis que contribuem para essa forma irreversível de falha da bateria.

Suspeita-se que seja causado por partículas estranhas que contaminam as baterias durante a fabricação. Outra causa possível são manchas ásperas nas placas, que danificam o separador. Melhor controle de qualidade no nível de matéria prima e mínima interface humana durante o processo de fabricação têm reduzido amplamente a taxa de “mortalidade infantil” das baterias recarregáveis.

Reversão da polaridade da bateria causada por descargas profundas também contribui para baterias em curto-circuito. Isso comumente ocorre se uma bateria à base de níquel estiver sendo completamente esvaziada sob uma carga pesada.

Uma bateria de NiCd é projetada com alguma proteção de tensão reversa e uma pequena corrente reversa da grandeza de miliampères pode ser tolerada. Uma alta corrente, contudo, faz com que uma bateria reversamente polarizada desenvolva um curto-circuito permanente. Outra causa de curto-circuito é a deterioração do separador através de uma formação cristalina não controlada.

Aplicar picos momentâneos de alta corrente em uma tentativa de reparar baterias em curto-circuito tem tido sucesso. O curto-circuito pode desaparecer temporariamente, mas o dano ao material do separador permanece. A bateria reparada, geralmente exibe uma autodescarga elevada e o curto-circuito frequentemente retorna.

Substituir uma bateria em curto-circuito em um conjunto envelhecido não é recomendado, a menos que a nova bateria seja combinada com as outras em termos de tensão e capacidade. Senão, um desbalanceamento irá ocorrer. Tentativas de substituir baterias defeituosas em packs de baterias comumente conduzem a falhas em pouco tempo, devido ao desbalanceamento. É melhor não perturbar as baterias em um conjunto de baterias, mas permitir que elas envelheçam naturalmente. Manter as baterias enquanto elas estão ainda em boa condição de funcionamento ajudarão a prevenir falha prematura.

Curtos-circuitos em uma bateria de Li-Ion são incomuns. Circuitos de proteção monitoram uma bateria de Li-Ion “doente” e torna o conjunto inútil se irregularidades de tensão forem detectadas. Carregar tal conjunto geraria calor excessivo (caso o circuito de proteção permita). Os circuitos de controle de temperatura da bateria são projetados para terminar a carga neste caso.

PERDA DE ELETRÓLITO

Embora seladas, as células da bateria podem perder um pouco de eletrólito durante sua vida. Perda típica de umidade ocorre se a válvula abre devido à pressão excessiva. Isso ocorre se a bateria for carregada em temperaturas muito baixas ou muito altas.

Uma vez aberta, a válvula das baterias à base de níquel pode nunca mais fechar adequadamente, resultando em um depósito de pó branco em volta da abertura.

Perdas podem também ocorrer se a tampa da bateria não for corretamente lacrada no processo de fabricação.

A perda de eletrólito resulta em uma diminuição da capacidade, um defeito que não pode ser corrigido.

Perda de eletrólito em baterias seladas de chumbo-ácido é um problema que ocorre. A sobrecarga é a principal causa. O ajuste cauteloso de carga e tensões de flutuação reduz a perda de eletrólito.

Uma bateria de Li-Ion corretamente carregada, e adequadamente projetada nunca deve gerar gases. Como resultado, a bateria de Li-Ion não perde eletrólito através da abertura.

Mas apesar do que está sendo dito, as baterias à base de lítio podem gerar uma pressão interna sob certas condições de sobrecarga. Medidas de segurança devem ser tomadas caso isso ocorra.

Algumas baterias incluem um comutador elétrico que se abre se a pressão da célula alcançar um nível crítico. Outras células possuem uma membrana que libera os gases com segurança se houver necessidade. A liberação controlada da pressão previne o inchaço da bateria durante a geração de pressão.

A maioria das características de segurança das baterias à base de lítio é unidirecional; significando que uma vez ativada, as baterias são inoperáveis depois disso. Isso é feito por razões de segurança.

COMO PROLONGAR BATERIAS DE NÍQUEL

Os efeitos da formação cristalina são mais nítidos se uma bateria à base de níquel for deixada no carregador por dias ou se for repetidamente recarregada sem uma descarga completa periódica. Desde que a maioria das aplicações não use quase toda energia antes da recarga, uma descarga periódica de 1V por célula (conhecida por “exercício”) é essencial para prevenir a criação da formação cristalina nas placas da célula. Esta manutenção é mais crítica para as baterias de NiCd.

Todas as baterias de NiCd em uso regular e em modo de espera devem ser “exercitadas” uma vez por mês. Entre esses ciclos mensais de exercício, nenhum serviço adicional é necessário.

A bateria de NiMh também é afetada pela memória, mas em um grau menor.

Nenhuma pesquisa científica está disponível que compare NiMh e NiCd em termos de degradação de memória. Também não existem informações à mão que sugiram qual é a quantidade otimizada de manutenção exigida para obter a máxima vida da bateria. Aplicar uma descarga completa a cada três meses parece certo. Por causa do menor ciclo de vida da bateria de NiMh, o exercício exagerado não é recomendado.

Não é necessário e nem aconselhável descarregar uma bateria recarregável antes de cada carga – ciclos de carga/descarga sucessivos provocam “fadiga na bateria”.

Pesquisas têm mostrado que se nenhum exercício for aplicado em uma NiCd por três meses ou mais, os cristais se enraízam, tornando-se mais difíceis de serem quebrados.

Em tal caso, o exercício já não é mais eficiente para recuperar a bateria e o recondicionamento é exigido. O recondicionamento é uma descarga lenta e profunda que remove a energia restante da bateria drenando as células a uma tensão de limiar de 1V por célula.

Testes realizados pelo Exército Americano mostraram que a bateria de NiCd precisa ser descarregada para no mínimo 0,6 Volts para efetivamente romper a mais resistente formação cristalina. Durante o recondicionamento, a corrente deve ser mantida baixa para prevenir a reversão da bateria.

As medidas para prolongar a vida de baterias à base de níquel são:

- Evitar deixar uma bateria à base de níquel em um carregador por mais de um dia após a carga completa ser alcançada;
- Aplicar mensalmente um ciclo de descarga completa. Abusar da bateria no equipamento pode fazer isso também;
- Evitar temperaturas elevadas. Um carregador deve apenas elevar a temperatura da bateria por um curto tempo quando alcançar a carga completa, e então a bateria deve se esfriar;
- Usar carregadores de qualidade para carregar as baterias.

COMO PROLONGAR BATERIAS DE CHUMBO

A versão selada da bateria de chumbo-ácido (SLA) é projetada com um baixo potencial de sobretensão para prevenir depleção de água. Consequentemente, os sistemas SLA e a VRLA (Valve

Regulated Lead Acid) nunca se carregam completamente e alguma sulfatação se desenvolverá.

Encontrar o limite de tensão de carga ideal para o sistema de chumbo-ácido selado é crítico. Qualquer nível de tensão é um compromisso. Um limite alto de tensão produz um bom desempenho da bateria, mas encurta a vida de serviço devido à corrosão da grade na placa positiva. A corrosão é permanente e não pode ser revertida. Uma baixa tensão preserva o eletrólito e permite carregar em um amplo intervalo de temperatura, mas está sujeito à sulfatação na placa negativa.

Uma vez que a bateria SLA tenha perdido capacidade devido à sulfatação, readquirir seu desempenho é geralmente difícil e consumidora de tempo. O metabolismo da bateria SLA é lento e não pode ser apressado.

Uma indicação sutil em se uma bateria SLA pode ser recuperada é refletida no comportamento da sua tensão de descarga.

Resultados razoavelmente bons em readquirir capacidade perdida são alcançados aplicando-se uma carga adicional no topo de uma carga.

Isso é realizado carregando-se completamente uma bateria SLA, e então a removendo por um período de descanso de 24 a 48 horas e aplicando uma carga novamente. Isso é repetido várias vezes, então a capacidade da bateria é checada com uma descarga completa. A SLA é capaz de aceitar um pouco de sobrecarga, contudo uma sobrecarga muito longa pode prejudicar a bateria devido à corrosão e perda de eletrólito.

O efeito de sulfatação da SLA plástica pode ser invertido aplicando-se uma sobretensão de até 2,50V por célula por uma a duas horas.

Durante esse tempo, a bateria deve ser mantida fresca e uma observação cuidadosa é necessária. Uma atenção extrema é exigida para não elevar a pressão da bateria para o ponto de abertura.

A maioria das baterias plásticas SLA se abre a 34 kPa (5 psi). Abertura da célula faz com que em algumas SLA a membrana se rompa permanentemente. Os gases que escapam não somente esvaziam o eletrólito como também são altamente inflamáveis.

A bateria VRLA usa um sistema autorregulável de abertura de bateria, que abre e fecha as células baseado na pressão da célula. Mudanças na pressão atmosférica contribuem para a abertura da

bateria. Ventilação apropriada da sala de baterias é essencial para prevenir a acumulação de gás hidrogênio.

Melhorar a capacidade de uma SLA antiga por carga/descarga é na maioria das vezes mal sucedida. Tal bateria pode simplesmente estar desgastada. Carregar/descarregar apenas reduziria a bateria futuramente. Ao contrário das baterias à base de níquel, a bateria de chumbo-ácido não é afetada por memória.

Baterias SLA comumente se descarregam em 20 horas. Mesmo a uma taxa lenta, a capacidade de 100% é difícil de obter. Por razões práticas, a maioria dos analisadores de baterias usa uma descarga de 5 horas quando utilizam baterias de SLA. Isso tipicamente produz 80 a 90% da capacidade avaliada.

Quando se carregar uma SLA com sobretensão, um limitador de corrente deve ser aplicado para proteger a bateria. Sempre se deve ajustar o limite de corrente para a menor configuração prática e observar a tensão da bateria e temperatura durante a carga. Isso previne a abertura da célula.

Em caso de ruptura, eletrólito vazando ou qualquer outra causa de exposição ao eletrólito, jogar água imediatamente. Caso haja contato com os olhos, jogar água por 15 minutos e consultar um médico imediatamente.

As medidas para prolongar a vida de baterias à base de chumbo são:

- Sempre manter a SLA carregada. Nunca armazenar abaixo de 2,10V por célula;
- Evitar repetidas descargas profundas. Carregar mais frequentemente;
- Se repetidas descargas profundas não puderem ser evitadas, usar uma bateria maior para aliviar o esforço;
- Prevenir sulfatação e corrosão da grade escolhendo a carga correta e tensões flutuantes.

COMO PROLONGAR BATERIAS DE LÍTIU

Pesquisas atuais de baterias são bem focadas em químicas de lítio, a ponto de que se possa assumir que todas as futuras baterias serão de sistemas de lítio. Baterias à base de lítio oferecem muitas vantagens sobre os sistemas à base de níquel e chumbo. Embora livre

de manutenção, nenhum serviço externo é conhecido que possa restaurar o desempenho da bateria, uma vez degradada.

Em muitas circunstâncias, a bateria de Li-Ion fornece um serviço superior às outras químicas, mas o seu desempenho é limitado a um definido tempo de vida. O desgaste nas baterias à base de lítio é causado por dois fatores: uso e envelhecimento. Os efeitos de desgaste por uso e envelhecimento se aplicam a todas as baterias, mas é mais nítido nos sistemas à base de lítio.

As baterias de Li-Ion preferem uma descarga rasa. Descargas parciais produzem menos desgaste que uma descarga completa e a perda de capacidade por ciclo é reduzida. Uma descarga completa periódica não é exigida porque a bateria à base de lítio não tem memória.

Um ciclo completo constitui uma descarga até 3V por célula. Quando especificam o número de ciclos que uma bateria à base de lítio pode resistir, os fabricantes comumente usam uma profundidade de descarga de 80%. Esse método se assemelha a uma simulação de campo razoavelmente precisa. Esse método também realiza uma contagem de ciclo maior do que se fazendo descargas completas.

Ainda com relação à carga/descarga (ciclagem), a bateria envelhece mesmo se não usada. A quantidade de perda de capacidade que a bateria sofre durante o armazenamento é administrada pelo estado de carga e temperatura. Para melhores resultados, se deve manter a bateria fresca.

Além disso, se deve armazenar a bateria um nível de carga de 40%. Nunca carregar completamente ou descarregar a bateria antes de armazená-la.

Os 40% de carga garantem uma condição estável até se a autodescarga roubar um pouco da energia da bateria. A maioria dos fabricantes de baterias armazena as baterias de Li-Ion a 15°C e a 40% de carga.

As medidas para prolongar a vida de baterias à base de chumbo são:

- Carregar a bateria de Li-Ion frequentemente, exceto antes de um longo armazenamento. Evitar repetidas descargas profundas;
- Manter a bateria de Li-Ion fresca. Evitar armazenar a bateria em um carro quente. Nunca congelar uma bateria;

- Evitar comprar baterias sobressalentes (de reserva) de Li-Ion para uso futuro.
- Observar a data de fabricação quando comprar baterias Li-Ion. Não comprar estoque velho, mesmo se vendido a preços baixíssimos.

GLOSSÁRIO

Como boa parte da literatura técnica disponível para baterias é no idioma Inglês, para cada termo em Português, colocaremos o seu equivalente em Inglês.

Acumulador (Accumulator). Uma bateria galvânica que, após a descarga, pode ser restaurada para o estado carregado pela passagem de uma corrente elétrica através da célula na direção oposta da descarga. O mesmo que bateria recarregável. O mesmo que bateria secundária.

Ampère-hora (Ampere-Hour Capacity). A quantidade de energia elétrica medida em Ampère-hora (Ah), que pode ser entregue por uma célula ou bateria ou a quantidade de energia elétrica necessária para restaurar o estado inicial de carga da bateria.

Anión (Anion). Íon no eletrólito carregando carga negativa.

Anodo (Anode). O eletrodo em uma célula eletroquímica onde ocorre a oxidação. Durante a descarga, o eletrodo negativo da célula é o anodo. Durante a carga, a situação inverte e o eletrodo positivo da célula é o anodo.

Autodescarga (Self-Discharge). A perda de capacidade útil de uma célula ou bateria devido a reações químicas internas quando a bateria está armazenada fora de uso.

Balanceamento (Equalization). O processo de restauração de todas as células em uma bateria para um estado de carga igual.

Bateria (Battery). Uma ou mais células eletroquímicas conectadas eletricamente em uma disposição em série ou paralelo, para fornecer os níveis de tensão e corrente necessários, incluindo se houver monitores, controles e outros componentes auxiliares (fusíveis, diodos), caixas, terminais e marcações.

Bateria em Espera (Standby Battery). Uma bateria projetada para uso de emergência em caso que potência principal falha.

Bateria Estacionária (Stationary Battery). Uma bateria secundária projetada para uso em um local fixo.

Bateria Recarregável (Rechargeable Battery). Uma bateria galvânica que, após a descarga, pode ser restaurada para o estado carregado pela passagem de uma corrente elétrica através da célula na direção oposta a da descarga.

Bateria Secundária (Secondary Battery). Bateria recarregável

Bateria Tracionária (Traction Battery). Uma bateria recarregável projetada para a propulsão de veículos elétricos ou equipamentos móveis operados eletricamente operando em um regime de ciclo profundo.

Capacidade (Capacity). O número total de Ampère-hora (Ah) que pode ser retirado de uma bateria carregada ou bateria em condições específicas de descarga. A capacidade de uma bateria é a corrente que se pode tirar de uma bateria num dado período de tempo ou em outras palavras, a energia que se pode tirar de uma bateria. Mede-se em ampère-hora (Ah) ou miliampère-hora (abreviada mAh). Por exemplo, uma bateria de 1.300mAh pode alimentar uma carga com 65 mA durante 20 horas ($65 \text{ mA} \times 20 \text{ horas} = 1.300\text{mAh}$). Da mesma forma, uma bateria de 1.300mAh pode alimentar uma carga com 13 mA durante 100 horas ($13 \text{ mA} \times 100 \text{ horas} = 1.300\text{mAh}$).

Capacidade disponível (Available Capacity). A capacidade total (Ampères-horas) que será obtida a partir de uma célula ou bateria a taxas de descarga definidas e outras condições de descarga ou operação especificadas.

Capacidade Nominal (Rated Capacity). O número de Ampère-horas que uma bateria pode fornecer em condições específicas.

Capacidade Wh (Watt-hour Capacity). A quantidade de energia elétrica medida em Wh (watt hora) que pode ser entregue por uma célula ou bateria sob condições específicas.

Carga (Charge). A conversão de energia elétrica, fornecida sob a forma de uma corrente de uma fonte externa, em energia química dentro de uma célula ou bateria.

Carga (Load). Dispositivo elétrico ou eletrônico que uma vez conectado na bateria drena sua energia.

Carga de Corrente Constante (Constant Current Charge). Um método de carregar a bateria usando uma corrente constante ou que tenha pequena variação.

Carga de Flutuação (Float Charge). Um método para manter uma bateria em uma condição carregada continuamente. Carga em longo prazo de tensão constante, a um nível suficiente para equilibrar a autodescarga.

Carga de Tensão Constante (Constant Voltage Charge). Um método de carregar a bateria aplicando uma tensão fixa, e permitindo variações na corrente. Também chamado de carga de potencial constante.

Carga Pulsada (Trickle Charge). Uma carga a baixa taxa C, equilibrando perdas através de uma ação local e / ou descarga periódica, para manter uma bateria em uma condição totalmente carregada.

Carga Rápida (Fast Charge). Uma taxa de carga que retorna a capacidade total de uma bateria recarregável, geralmente dentro de uma hora.

Cation (Cation). Íon no eletrólito que carrega uma carga positiva.

Catodo (Cathode). O eletrodo em uma célula eletroquímica onde a redução ocorre. Durante a descarga, o eletrodo positivo da célula é o catodo. Durante a carga, a situação inverte e o eletrodo negativo da célula é o catodo.

Célula (Cell). A unidade eletroquímica básica que fornece uma fonte de energia elétrica por meio de conversão de energia química. A célula consiste em uma montagem de eletrodos, separadores, eletrólito, recipiente e terminais,

Célula ou Bateria Primária (Primary Cell or Battery). Uma célula ou bateria que não pode ser recarregada e é descartada quando a célula ou bateria fornecem toda a sua energia elétrica.

Célula Prismática (Prismatic Cell). Célula em formato de paralelepípedo.

Célula com Válvula (Vented Cell). Um projeto de célula incorporando um mecanismo de ventilação para aliviar a pressão excessiva e expulsar gases gerados durante a operação ou abuso da célula.

Ciclo (Cycle). A descarga e a carga subsequente ou anterior de uma bateria secundária, tal como quando é restaurada nas suas condições originais.

Ciclo de Vida (Cycle Life). O número de ciclos em condições especificadas que estão disponíveis a partir de uma bateria secundária

antes que ela não atenda aos critérios especificados quanto ao desempenho.

Ciclo de Trabalho (Cycle Service). Um ciclo de funcionamento caracterizado por sequências de carga e descarga frequente e geralmente profunda.

Ciclo de Funcionamento (Duty Cycle). O regime operacional de uma célula ou bateria incluindo fatores como taxas de carga e descarga, profundidade da descarga, duração do ciclo e duração do tempo em modo de espera.

Coletor de Corrente (Current Collector). Um membro inerte de alta condutividade elétrica, usado para conduzir corrente de ou para um eletrodo durante a descarga ou carga.

Condicionamento (Conditioning). Ciclo de carga e descarga numa bateria para garantir que seja totalmente carregada. Às vezes é indicado quando uma bateria é colocada em serviço pela primeira vez ou retornou ao serviço após um armazenamento prolongado.

Controle de Carga (Charge Control). Técnicas de controle de carga para encerrar efetivamente o carregamento de uma bateria recarregável.

Corrente de Curto-Circuito (Short-Circuit Current). O valor inicial da corrente obtida de uma bateria em um circuito de resistência insignificante.

Densidade (Density). A proporção entre uma massa de material e o seu próprio volume a uma temperatura especificada.

Densidade de Corrente (Current Density). A área ativa atual por unidade de superfície de um eletrodo.

Densidade de Energia (Energy Density). A proporção da energia disponível em uma bateria e o seu volume (Wh /l).

Densidade de Potência (Power Density). A proporção entre a potência disponível de uma bateria e o seu volume (W / L).

Descarga (Discharge). A conversão da energia química de uma célula ou bateria em energia elétrica que é retirada da bateria e transferida a uma carga.

Descarga Profunda (Deep Discharge). Retirada de pelo menos 80% da capacidade nominal de uma bateria.

Descarga Rasa (Shallow Discharge). Uma descarga em uma bateria secundária que equivale apenas a uma pequena parte de sua capacidade total.

Eletrodo (Electrode). A área ou local em que os processos eletroquímicos ocorrem.

Eletrodo Positivo (Positive Electrode). O eletrodo que atua como um cátodo quando uma célula ou bateria está descarregando.

Eletrólito (Electrolyte). O meio que fornece o mecanismo de transporte iônico entre os eletrodos positivo e negativo de uma célula.

Efeito Memória (Memory Effect). Um fenômeno em que uma célula, operada em sucessivos ciclos de carga e descarga incompleta, perde temporariamente o resto da sua capacidade em níveis de tensão normais.

Energia Específica (Specific Energy). A proporção entre a energia produzida por uma célula ou bateria e o seu peso (Wh / kg).

Envelhecimento (Aging). Perda permanente de capacidade devido ao uso repetido ou à passagem do tempo.

Estado de Carga (State-of-Charge - SOC) A capacidade disponível em uma bateria expressa em porcentagem da capacidade nominal.

Fuga Térmica (Thermal Runaway). Uma condição em que uma bateria em carga ou descarga superaquecerá e se destruirá através da geração interna de calor causada por alta sobrecarga ou descarga excessiva ou outra condição abusiva.

Gravidade Específica (Specific Gravity). A gravidade específica de uma solução é a proporção do peso da solução para o peso de um volume igual de água a uma temperatura especificada.

Ligação Paralela (Parallel). O termo ligação paralela é usado para descrever a interconexão de células ou baterias em que todos os terminais similares estão conectados entre si. A capacidade da bateria resultante é a soma das capacidades individuais de cada célula. A tensão da bateria resultante é a mesma de cada célula.

Ligação em Série (Series). A interconexão de células ou baterias de tal maneira que o terminal positivo da primeira está conectado ao terminal negativo da segunda, e assim por diante. A tensão da bateria resultante é a soma das tensões de cada célula. A capacidade da bateria resultante é a mesma de cada célula.

Passivação (Passivation). Passivação é a modificação do potencial de um eletrodo no sentido de menor atividade (mais catódico ou mais nobre) devido a formação de uma película de

produto de corrosão. Os metais e ligas metálicas que se passivam são os formadores de películas protetoras.

Perda de Capacidade (Capacity Fade). Perda gradual de capacidade de uma bateria secundária com ciclos de carga e descarga.

Potência Específica (Specific Power). A relação entre a potência fornecida por uma célula ou bateria e o seu peso (W / kg).

Potencial do Eletrodo (Electrode Potential). A tensão desenvolvida por uma única placa, positiva ou negativa contra um eletrodo de referência. A diferença de tensão entre dois eletrodos é igual à tensão da célula.

Prazo de Validade (Shelf Life). A duração do armazenamento em condições especificadas no final das quais uma célula ou a bateria ainda mantém a capacidade de dar um desempenho especificado.

Profundidade de Descarga (Depth of Discharge - DOD). A proporção entre a quantidade de eletricidade (normalmente em Ah) removido de uma célula ou bateria na descarga e a sua capacidade nominal.

Recarga (Recharge). Um método que retorna a capacidade total de uma bateria recarregável.

Recuperação (Recovery). A redução da perda de capacidade de uma célula durante os períodos de descanso.

Rendimento (Efficiency). A proporção entre a capacidade de saída de uma célula secundária ou bateria na descarga e a energia necessária para restaurá-la ao estado inicial de carga em condições especificadas.

Retenção de Capacidade (Capacity Retention). A fração da capacidade total disponível de uma bateria sob condições especificadas de descarga após ter sido armazenada por um período de tempo.

Separador (Separator). Um espaçador ou material permeável a íons, eletronicamente não condutor, que evita o contato eletrônico entre eletrodos de polaridade oposta na mesma célula.

Sobrecarga (Overcharge). Forçar a corrente através de uma bateria depois de todo o material ativo ter sido convertido no estado carregado. Em outras palavras, o carregamento continua após 100% de a carga ter sido alcançada.

Sobredescarga (Overdischarge). Continuar a descarga após o ponto em que a capacidade total da bateria foi obtida.

Sobretensão (Overvoltage). Valor de tensão de carga superior ao valor máximo especificado.

Sulfatação (Sulfation). Processo de sulfatação que ocorre em baterias de chumbo que foram armazenadas e permitidas autodescarregar por longos períodos de tempo. Crescem grandes cristais de sulfato de chumbo que interferem com a função dos materiais ativos.

Taxa C (C Rate). Uma bateria sendo carregada com uma corrente de 1C significa que está sendo carregada com a corrente nominal. Uma bateria sendo carregada com uma corrente de 0,5C significa que está sendo carregada com metade da corrente nominal. Uma bateria sendo descarregada com uma corrente de 1C significa que está sendo descarregada com a corrente nominal. Uma bateria sendo descarregada com uma corrente de 0,5C significa que está sendo descarregada com metade da corrente nominal.

Taxa de Carga (Charge Rate). A corrente aplicada a uma célula ou bateria secundária para restaurar sua capacidade. Esta taxa é comumente expressa como um múltiplo da capacidade nominal da célula ou bateria. Por exemplo, a taxa de carga C / 10 de uma célula ou bateria de 2000mAh equivale a 200mA (C/10 ou 2000/10)

Taxa de Descarga (Discharge Rate). A taxa, geralmente expressa em Ampères, na qual a corrente elétrica é tirada da célula ou da bateria.

Tensão de Circuito Aberto (Open-Circuit Voltage - OCV). A diferença de tensão entre os terminais de uma célula ou tensão quando o circuito está aberto (condição sem carga).

Tensão de Circuito Fechado (Closed-Circuit Voltage - CCV). O potencial ou a tensão de uma célula ou bateria quando é descarregada, normalmente sob uma carga especificada.

Tensão de Corte (Cutoff Voltage). A tensão da bateria na qual a descarga está terminada. Também chamado tensão final.

Tensão Nominal (Nominal Voltage). A tensão de operação característica ou valor médio entre a tensão máxima na carga e a tensão mínima na descarga.

Tensão sob Carga (On-Load Voltage). A diferença de tensão entre os terminais de uma célula ou bateria quando está descarregando.

Tensão de Trabalho (Working Voltage). A tensão típica de uma bateria durante a descarga.

Válvula (Vent). Um mecanismo normalmente vedado que permite o escape controlado de gases dentro de uma célula.

Vida (Life). Vida para baterias recarregáveis é a duração com um desempenho satisfatório, medido em anos ou no número de ciclos de carga/descarga.

Vida Útil (Service Life). O período de vida útil de uma bateria primária antes de um ponto final predeterminado onde a tensão mínima é alcançada ou o número de ciclos em condições especificadas que estão disponíveis a partir de uma bateria secundária antes que ela não atenda aos critérios especificados quanto ao desempenho.

REFERÊNCIAS

1. Batteries in a Portable World. Isidor Buchmann. 2011.
2. DIY Lithium Batteries. Micah Toll. 2017.
3. Handbook of Batteries. David Linden. Thomas B. Reddy. 1995.
4. Ni-Mh Handbook. Industrial Batteries. Panasonic. 2015.
5. Nickel Cadmium Batteries Technical Handbook. Panasonic. 2002.
6. Lithium Handbook. Industrial Batteries. Panasonic.
7. Nickel Cadmium Batteries Technical Handbook. GP Batteries. 2002.
8. Internal resistance matching for parallel-connected lithium-ion cells and impacts on battery pack cycle life. Journal of Power Sources. Radu Gogoana. Matthew B. Pinson. Martin Z. Bazant. Sanjay E. Sarma. 2013.
9. Connecting batteries in parallel. Unexpected effects and solutions. Battery Power Conference Sept. 18 2012. Davide Andrea, Elithion
10. Manual das Baterias Recarregáveis. S.T.A. 2003.
11. Safety of lithium-ion batteries. The European Association for Advanced Rechargeable Batteries. 2013.
12. Baterias Recarregáveis. Introdução aos materiais e cálculos. Rubens Nunes de Faria Junior, Lia Maria Carlotti Zarpelon, Marilene Morelli Serna. 2014.
13. Rechargeable Batteries. Applications Handbook. Technical marketing staff of Gates Energy Products, Inc.

SOBRE A S.T.A.

A S.T.A. - Sistemas e Tecnologia Aplicada é uma empresa nacional, com atuação nos setores eletroeletrônico, ciclístico e ferroviário. A S.T.A. possui sede na cidade de Cotia na Grande São Paulo e tem escritórios comerciais em Shenzhen e Changzhou na China. Hoje a empresa tem três unidades de negócios:

• **Unidade de Eletrônica**

Importa e distribui produtos eletrônicos, de informática e elétrica. Tem mais de 3.000 itens em estoque para pronta entrega. Distribui baterias de níquel-cádmio, baterias de níquel-metal-hidreto, baterias de Li-Ion, baterias seladas, pilhas comuns, pilhas alcalinas, conectores, cabos, ferramentas, leds, instrumentos e acessórios.

• **Unidade de Ciclismo**

Importa e distribui produtos para ciclismo. Distribui capacetes, bombas de ar, faróis, lanternas, sirenes, campainhas, porta garrafas, cadeados, produtos de lubrificação e limpeza, pneus, câmaras de ar.

• **Unidade de Ferrovias**

Fabrica balanças para pesagem de trens em movimento. As balanças fabricadas pela S.T.A. são homologadas pelo Inmetro e permitem a pesagem de trens até 50 km/hora.

A história da S.T.A. começa em 1988 quando seus sócios, engenheiros do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - I.P.T. resolvem se unir para criar uma nova empresa para atuar no ramo ferroviário.

Naquela época, os trens eram pesados parando-se cada vagão em cima de uma balança estática. Isso tornava o processo de pesagem dos trens extremamente caro e demorado.

O objetivo inicial da nova empresa, a S.T.A., era desenvolver a tecnologia necessária para fabricar uma balança que fosse capaz de pesar o trem em movimento, equipamento inédito nessa época em nosso país.

Assim, desenvolvendo tecnologia própria, em 1989 a S.T.A. instalou na Estrada de Ferro Carajás da Vale S.A., a primeira balança ferroviária para pesagens de trens em movimento fabricada no Brasil. O pioneirismo e a tecnologia do projeto fizeram com que durante mais de dez anos a empresa fosse a única fabricante desse tipo de

balança no país. Desde essa época até hoje, a S.T.A. já forneceu balanças para as principais ferrovias do país e empresas de grande porte com terminais ferroviários próprios.

No ano de 1994, a S.T.A. passou também a fabricar outdoors eletrônicos para propaganda ao ar livre. Novamente desenvolvendo tecnologia própria, em 1994 instalou no Vale do Anhangabaú em São Paulo, o primeiro outdoor eletrônico a cores fabricado no Brasil, com 72 m² de área. Durante três anos, forneceu outdoors eletrônicos para as principais capitais brasileiras entre as quais Salvador em sociedade com o grupo Chiclete Com Banana.

Em 1997, por questões de mercado, a S.T.A. interrompeu a fabricação de outdoors eletrônicos e passou a se dedicar à importação e distribuição de baterias recarregáveis para telefone sem fio e para uso industrial e doméstico.

A partir de 1999 a S.T.A. iniciou a fabricação de packs de baterias. Com isso passou a fornecer baterias feitas sob medida para atender as necessidades de cada cliente.

Em 2001 a S.T.A. abriu escritório comercial em Shenzhen na China para agilizar os processos de importação bem como para aumentar o controle de qualidade sobre os produtos importados além de expandir sua linha de produtos, passando a importar cabos e conectores para áudio, vídeo e informática.

Em 2003 a S.T.A. criou sua marca registrada RONTEK com o objetivo de oferecer a seus cliente produtos confiáveis e de qualidade garantida.

Com a expansão dos negócios, a S.T.A. se viu obrigada a aumentar a área de suas instalações e por isso em 2009 se mudou para sede própria na cidade de Cotia na Grande São Paulo.

Em 2012 a S.T.A. resolveu diversificar sua linha de atuação e iniciou a importação e distribuição de produtos para bicicletas e skates.

Para maiores informações sobre a empresa ou entrar em contato acesse o site da empresa www.stacorp.com.br. Para maiores informações sobre baterias acessar o site www.sta-eletronica.com.br ou acessar o canal da empresa no Youtube - RONTEK TV.

BATERIAS RECARREGÁVEIS

para equipamentos portáteis

Este livro apresenta informações relacionadas às baterias elétricas recarregáveis.

Lendo este livro você conhecerá as principais baterias disponíveis no mercado brasileiro, suas vantagens e limitações.

Este livro é indicado para pessoas envolvidas com a compra e venda de baterias recarregáveis e também para aqueles usuários que querem maiores informações de como usar e prolongar a vida de suas baterias.

O livro também apresenta informações técnicas relevantes, com o objetivo de facilitar o trabalho de engenheiros e técnicos que tem que especificar e projetar equipamentos com baterias recarregáveis.

Eng. Aldo Michelini | 1ª Edição / 2017

