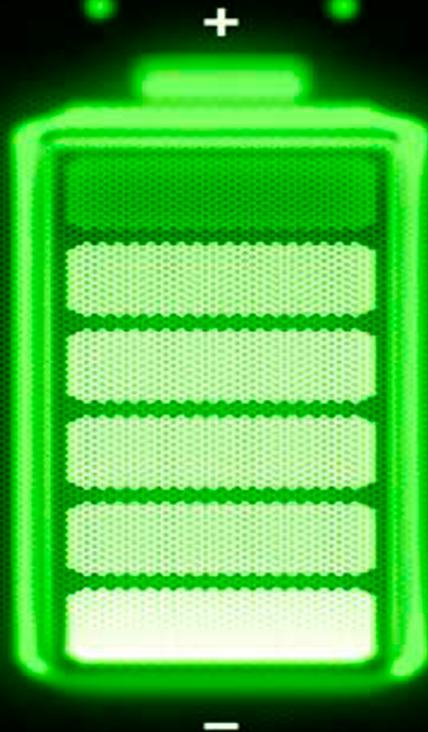


# Baterias Recarregáveis, Pilhas e Carregadores



**STA**  
Sistemas e Tecnologia Aplicada

**RONTEK**  
PRODUTOS DE QUALIDADE

## Índice

Introdução	03
1-Composição Química das Baterias - Vantagens e Limitações	05
2-Vantagens e Limitações das Baterias de Níquel Cádmio – NiCd	09
3-Vantagens e Limitações das Baterias de Níquel Metal Hidreto – NiMh	10
4-Vantagens e Limitações das Baterias Chumbo-Ácido	12
5-Vantagens e Limitações das Baterias de Lítio-Ion	15
6-Vantagens e Limitações das Baterias de Lítio-Ion Polímero	18
7-Formatos de Baterias	20
8-Tamanhos de Baterias NiCd	25
9-Tamanhos de Baterias NiMh	26
10-Ligação Série e Paralelo de Baterias	27
11-Circuitos de Proteção	28
12-Carregadores de Baterias	30
13-Carregando Baterias de Níquel-Cádmio	35
14-Carregando Baterias de Níquel Metal Hidreto	38
15-Carregando Baterias Chumbo-Ácido	41
16-Carregando Baterias de Lítio-Íon	46
17-Carregando Baterias de Lítio-Polímero	48
18-Carregando Baterias em Altas e Baixas temperaturas	49
19-Carregadores Ultra-Rápidos	52
20-Carregadores Inteligentes	54
21-Descarga de Baterias – Taxa C ( C-rate )	55
22-Profundidade da Descarga	57
23-Descarga por Pulsos	60
24-Descarga em Altas e Baixas Temperaturas	61
25-Os Segredos da Vida Útil da Bateria	62
26-Baterias Inteligentes	68
27-O Que Estraga a Bateria Definitivamente	72
28-Cuidados Com as Baterias	77
29-Qual a Melhor Bateria Para Telefones Celulares?	83
30-Qual a Melhor Bateria Para Rádios de Comunicação em Duas Vias?	85
31-Qual a Melhor Bateria Para “Laptops”?	86
32-Selecionando uma bateria durável	88
33-Porque Baterias Que Parecem Boas Falham Em Equipamentos Digitais?	92
34-Como é Medida a Resistência Interna da Bateria?	93
35-Qual a Diferença Entre Resistência Interna e Impedância?	96
36-Memória: Mito ou Fato?	97
37-Como Restaurar e Prolongar Baterias à Base de Níquel?	98
38-Como Restaurar e Prolongar Baterias de Chumbo-Ácido?	101
39-Como Prolongar a Vida das Baterias à Base de Lítio?	103
40-Qual a Taxa de Recuperação das Baterias?	105
41-Especificações técnicas de Baterias	106



## Introdução

Este manual tem o objetivo de divulgar informações sobre baterias recarregáveis, pilhas (baterias não recarregáveis) e carregadores de baterias para o público em geral e em particular para os clientes da S.T.A..

Com isso, visamos expandir a utilização de baterias, facilitando sua especificação e o seu uso de forma adequada.

Este manual apresenta informações sobre as baterias mais utilizadas por consumidores e por indústrias:

<b>Baterias NiCd (Níquel Cádmio)</b>
<b>Baterias NiMh (Níquel Metal Hidreto)</b>
<b>Baterias Li-Ion (Lithium Ion)</b>
<b>Li-Ion Polímero (Lithium Ion)</b>
<b>Baterias Seladas Chumbo-Ácido</b>
<b>Pilhas - Baterias Não Recarregáveis</b>

Também apresentamos um capítulo especialmente dedicado aos carregadores de baterias.

Existem várias aplicações para baterias. Neste manual 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 autonomia 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 autonomia 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.



[www.sta-eletronica.com.br](http://www.sta-eletronica.com.br)

Quando fazemos referência neste manual à capacidade e a 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.

Com esse manual, esperamos estar fornecendo aos nossos clientes as informações técnicas necessárias para que possam fazer a melhor escolha.

## Parte I

### Baterias Recarregáveis e Carregadores de Baterias

#### 1-Composição Química das Baterias – Vantagens e Desvantagens

Vamos examinar as vantagens e limitações das baterias mais utilizadas hoje em dia.

##### 1.1-NiCd



A bateria de níquel cádmio é a bateria com mais tempo de uso no mercado. Assim é uma tecnologia já desenvolvida e madura. Porém a sua densidade de energia não é muito grande.

A bateria de NiCd é utilizada quando se quer vida longa, alta corrente de descarga e preço baixo.

As principais aplicações são telefones sem fio, walkie-talkies, equipamentos médicos, câmeras de vídeo profissionais e ferramentas elétricas.

As baterias NiCd contêm material tóxico e não podem ser descartadas no meio ambiente. Precisam ser recicladas.



[www.sta-eletronica.com.br](http://www.sta-eletronica.com.br)

A S.T.A. tem capacidade de receber baterias NiCd em fim de vida útil e providenciar sua adequada reciclagem.

### 1.2-NiMh



A bateria de níquel metal hidreto 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 aplicações principais dessas baterias são telefones celulares, câmeras digitais e notebooks.

### 1.3-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 no-breaks.

## 1.4-Lítio-Íon

É a tecnologia mais recente e está tendo um rápido crescimento. A bateria Li-íon é usada quando se deseja alta densidade de energia e peso leve.

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



## 1.5-Lítio-Íon Polímero

É uma versão mais barata da Lítio-Íon. Essa química é similar à de Lítio-Íon em termos de densidade de energia. Pode ser fabricada com uma geometria muito fina e permite uma embalagem simplificada. As aplicações principais são telefones celulares.

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

	NiCd	NiMh	Li-Ion	Li-Íon Polímero	Chumbo
Densidade de Energia (Wh/kg)	45-80	60-120	110-160	100-130	30-50
Resistência Interna (miliOhm)	100-200 Pack 6V *(1)	200-300 Pack 6V *(1)	150-250 Pack 7,2V *(1)	200-300 Pack 7,2V *(1)	<100 Pack 12 V *(1)
Ciclo de Vida (80% da capacidade inicial)	1500 *(2)	500-1000 *(2)(3)	500-1000 *(3)	300-500	200-300 *(2)
Tempo para Carga Rápida	1 hora	2 a 4 hs	2 a 4 hs	2 a 4 hs	8 a 16 hs
Tolerância para Sobrecarga	Moderada	Baixa	Muito Baixa	Baixa	Alta
Auto-Descarga Mensal (na temperatura ambiente)	20% *(4)	30% *(4)	10% *(5)	10% *(5)	5%
Tensão da Célula	1,25V *(6)	1,25V *(6)	3,6V	3,6V	2V

	NiCd	NiMh	Li-Ion	Li-Íon Polímero	Chumbo
Corrente de Carga -Pico - Melhor Resultado	20C 1C	5C 0.5C	>2C 1C	>2C 1C	5C - *(7) 0.2C
Temperatura de operação (somente descarga) *(8)	-40 a 60 °C	-20 a 60 °C	-20 a 60 °C	0 a 60 °C	-20 a 60 °C
Manutenção	30 a 60 dias	60 a 90 dias	Não é necessário	Não é necessário	3 a 6 meses *(9)
Comparação de Custo Pack 7,2V – U.S.A. *(10)	\$ 50	\$60	\$100	\$100	\$25
Custo por ciclos *(11)	\$0,04	\$0,12	\$0,14	\$0,29	\$0,10
Usada comercialmente desde	1950	1990	1991	1999	1970

### OBS:

1-A resistência interna de uma bateria varia com a capacidade da célula, tipo de proteção e número de células. Os circuitos de proteção para Li-Íon e Li-Íon polímero adicionam 100 mili Ohms de resistência.

2-O ciclo de vida é baseado na consideração que a bateria recebe o ciclo adequado de manutenção. A falha na aplicação de ciclos profundos de descarga pode reduzir a vida útil por três vezes.

3-O ciclo de vida útil é baseado na profundidade da descarga. Descargas curtas permitem ciclos de vida mais longos.

4-A descarga é maior imediatamente após a carga, A bateria NiCd descarrega aproximadamente 10% nas primeiras 24 horas e após descarrega 10% cada 30 dias. A autodescarga aumenta com a elevação da temperatura.

5-Circuitos internos de proteção tipicamente consomem 3% da energia armazenada por mês.



- 6- 1,25V é a tensão de célula sem carga. 1,2V é a tensão mais comum
- 7- Capaz de altas correntes pulsadas
- 8- Aplicado apenas à descarga; a temperatura de carga é mais restrita.
- 9- A manutenção pode ser na forma de carga de equalização ou de pico.
- 10- Custo das baterias para aplicações portáteis.
- 11- Derivado do preço da bateria dividido pelo número de ciclos. Não inclui o custo da eletricidade e dos carregadores.

## **2-Vantagens e Limitações das Baterias de Níquel Cádmio – NiCd**

São usadas comercialmente desde 1950.

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 uma ótima performance sob rigorosas condições de trabalho. A bateria de NiCd não gosta de ficar em carregadores por vários dias e ser usada somente ocasionalmente por períodos breves. Uma descarga completa é tão importante que, se omitida, poderá causar a formação de grandes cristais nas placas das células (é o chamado efeito memória) e a bateria irá gradualmente perder sua capacidade.

Entre as baterias recarregáveis, as de NiCd permanecem a escolha mais popular para aplicações tais como walkie-talkies, equipamentos de emergência médica, câmeras de vídeo profissionais e ferramentas elétricas.

Mais de 50% de todas as baterias recarregáveis para equipamentos portáteis são de NiCd. 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-íon

### **2.1-Vantagens**

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.



Boa performance 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.

## **2.2-Limitações**

Baixa densidade de energia, comparado com baterias mais modernas.

Efeito memória.

A 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.

## **3-Vantagens e Limitações das Baterias de Níquel Metal Hidreto – NiMH**

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

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 nos mercados de comunicações sem fio e computação móvel. 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.

### **3.1-Vantagens**

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.

### **3.2-Limitações**

Repetidos ciclos de carga e descarga profunda reduzem a vida útil da bateria. Seu desempenho se deteriora após 200 a 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, repetidas descargas com altas correntes de carga podem reduzir a vida útil da bateria. Melhores resultados são conseguidos com correntes de descarga da 0,2 C a 0,5 C (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 elevadas temperaturas. 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. As baterias NiMH projetadas para alta corrente são ainda mais caras.

#### **4-Vantagens e Limitações das Baterias Chumbo-Ácido**

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 (no-breaks).

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), também conhecida com o nome comercial de Gelcell e as baterias 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.

A bateria SLA tem uma faixa típica de capacidade que vai de 0,2 Ah até 30 Ah.

Os usos típicos são no-breaks para computadores, pequenas unidades de iluminação de emergência, ventiladores para cuidar da saúde dos pacientes e cadeiras de rodas elétricas. Por causa do baixo custo e da pequena manutenção, as baterias seladas são a melhor escolha para instrumentos biomédicos e de cuidados com a saúde em hospitais e casas de repouso.

As baterias VRLA são usadas em aplicações estacionárias. Sua capacidade vai de 30 Ah até vários milhares de Ah e são encontradas em no-breaks de grande porte, para reserva de energia. 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 sobre-tensão, de forma a evitar a formação de gases durante a carga. Carga em excesso pode causar aparecimento de gás e depleção de água. Conseqüentemente, 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 se autodescarregam aproximadamente 40 % da sua energia armazenada em três meses, a bateria SLA se autodescarrega na mesma quantidade no período de 01 ano.

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

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

Diferente das baterias de NiCd, as baterias SLA não gostam de ciclos profundos. Uma descarga completa causa uma tensão 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 boa condição de operação, mas se torna mais aguda uma vez que a performance 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 a bateria de estar "estressada" através de descarga profunda repetitiva, uma bateria SLA de maior capacidade é recomendada.

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 previnem ou invertem essa tendência.

Existem alguns métodos que melhoram a performance e prolongam a vida da bateria SLA. A temperatura de operação otimizada para uma bateria VRLA é de 25°C (77°F).

Em geral, cada 8°C (15°F) de aumento de temperatura irá cortar a vida da bateria pela metade. A bateria VRLA que deveria durar 10 anos a 25°C estaria boa para apenas 5 anos se operada a 33°C (95°F). A mesma bateria agüentaria pouco mais de um ano a uma temperatura de 42°C (107°F).

#### **4.1-Vantagens**

Barato e simples de se fabricar -- em termos de custo por watt horas, 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.

Auto-descarga baixa -- a auto-descarga está entre as mais baixas em sistemas de baterias recarregáveis.

Exigências de manutenção baixas – sem memória; nenhum eletrólito para encher.

Capaz de taxas elevadas de descarga.

#### **4.2-Limitações**

Não pode ser armazenada em uma condição descarregada – a tensão da célula não pode cair abaixo de 2,10 Volts

Densidade baixa da energia

Permite somente um número limitado de ciclos cheios de descarga -- bem adequado para aplicações de espera que requerem somente descargas profundas ocasionais.

Meio hostil -- o eletrólito e o conteúdo da carga podem causar danos ambientais.

Limitações do transporte em baterias de chumbo-ácido – 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, a performance em baixas temperaturas é amplamente reduzida.

A bateria SLA é taxada em 0,2 C 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.

## **5-Vantagens e Limitações das Baterias de Lítio-Íon**

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 extraordinária densidade de energia alta.

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

Quando isso ocorre, a temperatura da célula rapidamente se aproxima 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 superficialmente menor em densidade de energia do que a de metal de lítio, a de Lítio-Íon é segura, tomadas certas precauções quando carregando e descarregando.



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

A densidade de energia da bateria de Lítio-Íon 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 (forma similar do perfil de descarga, mas de tensão diferente).

A curva de descarga plana oferece utilização eficiente da energia armazenada em um espectro de tensão desejável.

A Lítio-Íon é uma bateria de baixa manutenção, uma vantagem que a maioria das outras químicas não têm. Não existe memória e nenhum ciclo programado é exigido para prolongar a vida da bateria. Além disso, a auto-descarga é menor que a metade comparado com as de NiCd e NiMH.

A alta tensão da célula de Lítio-Íon 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 da bateria. 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 irrestrito de corrente

Células de Lítio-Íon causam menos dano quando descartadas do que as de Chumbo-Ácido ou baterias à base de Cádmio. Entre a família de Lítio-Íon, o manganês é o mais amigável em termos de descarte.

Apesar de suas vantagens totais, as de Lítio-Íon 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. Por razões desconhecidas, fabricantes de baterias são silenciosos sobre essa questão. Alguma deterioração da capacidade é perceptível após 1 ano, se a bateria estiver em uso ou não.

Acima de 2 ou talvez 3 anos, a bateria freqüentemente falha. Deve-se mencionar que outras químicas também têm efeitos degenerativos relacionados à idade.

Isso é especialmente verdadeiro 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 Lítio-Íon (e outras químicas). Fornecedores recomendam armazenar a 15°C (59°F). Além disso, a bateria apenas deve ser parcialmente carregada quando armazenada.

Armazenamento prolongado não é recomendado para baterias de Lítio-Íon. O comprador deve estar ciente da data de fabricação quando comprar baterias de reposição de Lítio-Íon. Infelizmente, essa informação é freqüentemente codificada em um número de série criptografado e está disponível apenas para o fabricante.

A mais econômica bateria à base de Lítio em termos da relação de custo por energia é um conjunto de baterias que usa a célula cilíndrica 18650. Essa bateria é um tanto volumosa, mas adequada para aplicações portáteis tais como computação móvel.

Se um conjunto de baterias mais fino for requerido (mais fino que 18 mm), a célula prismática de Lítio-Íon é a melhor escolha. Existe um pequeno ou nenhum ganho em densidade de energia por peso e tamanho sobre a 18650, contudo o custo é maior que o dobro.

Se uma geometria ultra-fina é necessária (menor que 4 mm), a melhor escolha é a Lítio-Íon Polímero. Essa é a opção mais cara em termos de custo de energia.

A de Lítio-Íon Polímero não oferece ganhos de energia apreciáveis sobre os sistemas de Lítio-Íon convencionais, nem combina a durabilidade da célula 18650.

## **5.1-Vantagens**

Densidade da energia elevada - potencial para capacidades ainda maiores.

Auto-descarga relativamente baixa - a auto-descarga é menor do que a metade da NiCd e NiMH.



Manutenção Baixa - nenhuma descarga periódica é necessária; sem memória.

## 5.2-Limitações

Requer circuito de proteção - o circuito da proteção limita a tensão e a corrente. A bateria é segura se não sobrecarregada.

Sujeito ao envelhecimento, mesmo se não estiver em uso - armazenar a bateria em um lugar fresco e a 40 por cento de estado de carga reduz o efeito do envelhecimento.

Moderada corrente de descarga.

Sujeito aos regulamentos do transporte - o embarque de quantidades maiores de baterias de Lítio-Íon pode estar sujeito ao controle regulador. Esta restrição não se aplica ao carregamento pessoal de baterias.

Caro de se fabricar - aproximadamente 40 por cento maior no custo do que a de NiCd. 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 teste da bateria, especialmente com alguns métodos de testes rápidos.

**Cuidado:** As baterias do Li-íon têm uma alta densidade de energia. Não faça curto-circuito, não sobrecarregue, não esmague, não bata, não mutile, não penetre, não aplique polaridade reversa, não exponha à alta temperatura e não desmonte.

Use somente a bateria do Li-íon com o circuito de proteção adequado.

A alta temperatura da cápsula, resultante do abuso da célula pode causar dano físico. O eletrólito é altamente inflamável. A ruptura pode causar a abertura com chama.

## 6-Vantagens e Limitações das Baterias de Lítio-Íon Polímero

A bateria de Lítio-Polímero se diferencia dos outros sistemas de baterias no tipo de eletrólito usado. O projeto inicial, anterior aos anos 70, usa somente um eletrólito seco de polímero sólido.



Esse eletrólito se assemelha a um filme tipo plástico que não conduz eletricidade, mas permite uma troca de íons (átomos eletricamente carregados ou grupos de átomos).

O eletrólito de polímero substitui o separador poroso tradicional, que é embebido com eletrólito.

O projeto de polímero seco oferece simplificações no que diz respeito à fabricação, rugosidade, segurança e geometria de perfil fino. Não há perigo de inflamação porque nenhum eletrólito líquido ou de gel está sendo usado.

Com uma espessura de célula medindo tão pouco quanto um milímetro (0,039 polegadas), projetistas de equipamentos são deixados à sua própria imaginação em termos de modelo, forma e tamanho.

Para fazer uma pequena bateria de Lítio-Polímero condutora, um pouco de eletrólito com gel foi adicionado.

A maioria das baterias comerciais de Lítio-Polímero usadas hoje para telefones celulares é híbrida e contém eletrólito com gel. O correto termo para esse sistema é "Lítio-Íon-Polímero".

Com eletrólito com gel adicionado, qual é então a diferença entre Lítio-Íon e Lítio-íon-polímero?

Embora as características e desempenho dos dois sistemas sejam muito similares, a de Lítio-Íon-Polímero é única que usa um eletrólito sólido, substituindo o separador poroso.

O eletrólito com gel é simplesmente adicionado para aumentar a condutividade de íon.

Uma das vantagens da bateria de Lítio-Íon-Polímero, contudo, é a embalagem mais simples porque os eletrodos podem facilmente ser empilhados.

Empacotamento laminado (folheado) similar ao usado em indústrias alimentícias está sendo usado.

## **6.1-Vantagens**

Perfil muito baixo - baterias que se assemelham ao perfil de um cartão de crédito são praticáveis.



Fator flexível do modelo - os fabricantes não são limitados por formatos padrão da célula. Com volume elevado, qualquer tamanho razoável pode ser produzido economicamente.

Peso Leve - Gel é preferido do que os eletrólitos líquidos permitem empacotamento simplificado, em alguns casos eliminando a casca de metal.

Segurança melhorada - mais resistente à sobrecarga; menos possibilidade de vazamento de eletrólito.

## **6.2-Limitações**

Densidade de energia mais baixa e contagem de ciclo diminuída comparada à bateria de Lítio-Íon - potencial para melhorias existem.

Caro para manufaturar - uma vez produzida em grande escala, o polímero de Lítio-Íon tem o potencial para um custo mais baixo. O circuito de controle reduzido implica em maiores custos de fabricação.

## **7-Formatos de baterias**

### **7.1-A bateria cilíndrica**

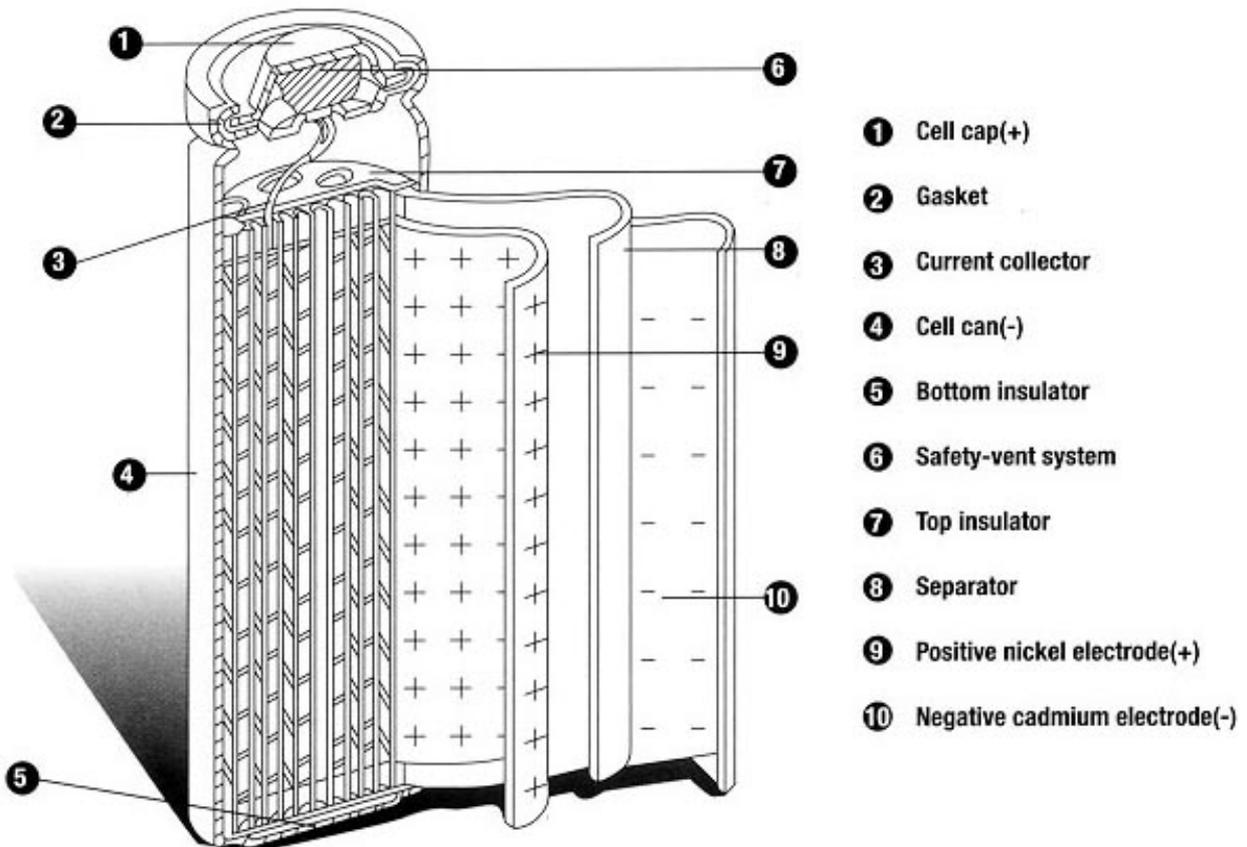
A bateria cilíndrica continua a ser o estilo de revestimento mais usado.

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 de uma NiCd pode alcançar 1379 kilopascal (kPa) ou 200 libras por polegada quadrada (psi).

Um sistema de abertura é adicionado na extremidade do cilindro. A abertura ocorre se a pressão da bateria alcançar entre 150 e 200 psi.

A figura a seguir mostra uma bateria convencional de NiCd.



- 1- Topo ou cabeção da célula
- 2- Vedação
- 3- Coletor de corrente
- 4- Invólucro da célula
- 5- Isolante de fundo
- 6- Válvula de Segurança
- 7- Isolador superior
- 8- Separador
- 9- Eletrodo positivo de níquel
- 10- Eletrodo negativo de cádmio

A bateria cilíndrica tem um preço moderadamente melhor e oferece alta densidade de energia.

Aplicações típicas são: comunicação, computação móvel, instrumentos biomédicos, ferramentas elétricas e outros usos que não exigem tamanho ultrapequeno.

NiCd oferece a maior seleção de baterias cilíndricas. Uma boa variedade é também disponível na família de NiMh, especialmente nos formatos menores de baterias.

As baterias de Lítio-Íon estão apenas disponíveis em tamanhos limitados, sendo a mais popular a 18650. "18" indica o diâmetro em milímetros e "650" indica o comprimento (65 milímetros). Ela tem a capacidade de 1800 a 2000mAh.

A bateria 26650 tem diâmetro de 26 milímetros e fornece 3200mAh. Por causa da geometria plana do polímero de Lítio-Íon, essa química de bateria não está disponível no formato cilíndrico.

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.

Contudo, existem baterias seladas de Chumbo-Ácido, que levam vantagem do modelo cilíndrico usando uma técnica de enrolamento que é similar à bateria convencional.

Diz-se que a bateria selada de Chumbo-Ácido cilíndrica Hawker Cyclon oferece melhor estabilidade e que fornece maiores correntes de descarga e tem melhor estabilidade de temperatura do que o modelo prismático convencional.



O inconveniente da bateria cilíndrica é que o máximo uso do espaço não é conseguido. Quando as baterias são empilhadas, cavidades de ar são formadas. Por causa do tamanho fixo da bateria, o conjunto deve ser projetado em torno do tamanho disponível da bateria.

Quase todas as baterias cilíndricas são equipadas com um mecanismo de abertura para expelir excesso de gases em uma maneira ordenada. Muitas Baterias de Lítio-Íon cilíndricas contêm um lacre de membrana que se rompe se a pressão exceder a 3448kPa (500 psi). Existe usualmente um sério aumento do volume da bateria antes do lacre se romper. A abertura apenas ocorre sob condições extremas.

## 7.2-Bateria 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. Versões não-recarregáveis da bateria botão continuam a ser populares e podem ser encontradas em relógios, aparelhos auditivos e memória de "backup" (cópia de segurança).

As principais aplicações da bateria botão são (ou foram) velhos telefones sem fio, dispositivos biomédicos e instrumentos industriais.

Embora barata de se fabricar, a principal inconveniência é o aumento do tamanho, se carregada muito rapidamente.

Baterias botão não têm abertura de segurança e apenas podem ser carregadas a uma taxa de carga de 10 a 16 horas. Novos modelos com maiores capacidades ,reivindicam rápida capacidade de carga.

A figura a seguir mostra a bateria botão:



## 7.3-A bateria prismática

A bateria prismática foi desenvolvida em resposta à exigência do consumidor por tamanhos de conjuntos mais estreitos. Introduzida nos recentes anos 90, a bateria prismática faz quase o máximo uso do espaço quando empilhada. Baterias prismáticas são usadas predominantemente em aplicações de telefonia celular.

A figura a seguir mostra a bateria prismática.



As baterias prismáticas são as mais comuns da família de baterias de Lítio.

A bateria de Lítio-Íon-Polímero é exclusivamente prismática. Os principais fabricantes podem apresentar um ou mais tamanhos que se ajustam em um certo dispositivo portátil, tal como o telefone celular.

Enquanto essas baterias são produzidas em grande escala, outros fabricantes de baterias seguem a adequação e oferecem uma bateria idêntica a um preço competitivo.

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.

Algumas baterias prismáticas são similares no tamanho, mas se distinguem por apenas uma pequena fração. Tal é o caso da bateria da Panasonic que mede 34 mm por 50 mm e tem a espessura de 6,5 mm. Se alguns milímetros cúbicos puderem ser adicionados a uma dada aplicação, o fabricante fará isso para obter maiores capacidades.

A desvantagem da bateria prismática são densidades de energia superficialmente mais baixas, comparado a bateria cilíndrica equivalente. Além disso, a bateria prismática é mais cara de se fabricar e não fornece a mesma estabilidade mecânica apreciada pela bateria cilíndrica.

A bateria prismática é oferecida em limites e químicas limitados e funciona 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 se inchar. Quando corretamente usada e adequadamente carregada, nenhum aumento deve ocorrer.



## 8-Tamanhos de Baterias NiCd

A tabela a seguir mostra valores aproximados, podendo haver pequenas diferenças entre fabricantes.

TAMANHO	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	PESO(g)
1/3AAA	10,5	16	5
2/3AAA	10,5	28,5	8
AAA	10,5	44	12
1/3AA	14,5	17	8
2/3AA	14,5	29	14
4/5AA	14,5	43	20
AA	14,5	50	23
7/5AA	14,5	65,5	33
2/3A	17	28,5	21
4/5A	17	43	30
A	17	50	31
4/3A	17	67	52
1/2SC	23	26	26
4/5SC	23	34	35
SC	23	43	45
C	26	50	70
1/2D	33	37	72
D	33	61	123



## 9-Tamanhos de Baterias NiMh

A tabela a seguir mostra valores aproximados, podendo haver pequenas diferenças entre fabricantes.

TAMANHO	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	PESO(g)
2/3AAAA	8,7	29	5
4/5AAAA	8,7	40	7
AAAA	8,7	52	10
LAAAA	8,7	55	11
XLAAAA	8,7	67	13
1/4AAA	10,5	11	2,4
1/3AAA	10,5	15	4
2/5AAA	10,5	20	5
2/3AAA	10,5	28,5	7
SAAA	10,5	36	9
4/5AAA	10,5	38	10
AAA	10,5	44	12
LAAA	10,5	50	14
XLAAA	10,5	67	18
1/3AA	14,5	17	8
2/3AA	14,5	29	14
AA	14,5	50	26
5/4AA	14,5	65	32
2/3A	17	28,5	21
4/5A	17	43	33
A	17	50	38
4/3	17	67	52
4/5SC	23	34	48
SC	23	43	56
C	26	50	80
1/2D	33	37	95
D	33	61	160



## 10-Ligação série e paralelo de baterias

Na maioria dos casos, uma única célula não fornece uma tensão alta suficiente e uma conexão em série é necessária para se conseguir uma tensão maior.

Baterias à base de Níquel fornecem uma tensão de bateria de 1,25 Volts por célula. Uma bateria de Chumbo-Ácido fornece 2 Volts por célula e a maioria das baterias de Lítio-Íon são de 3,6 Volts.

Os sistemas de manganês e Lítio-Íon-Polímero às vezes usam 3,7 Volts como tensão nominal da bateria. Essa é a razão para freqüentes tensões pouco familiares, tal como 11,1 Volts para um conjunto de 3 baterias com química de manganês.

Baterias à base de Níquel são freqüentemente especificadas em 1,2 Volts. Não há diferença entre uma bateria entre 1,2 e 1,25 Volts; é simplesmente a preferência do fabricante.. Ao passo que baterias comerciais tendem a serem identificadas com 1,2 Volts por célula, baterias industriais, militares e de aviação ainda estão marcadas com a indicação de 1,25 Volts por célula.

Um conjunto de 5 baterias à base de Níquel ligadas em série, fornece 6V (6,25 Volts com uma identificação de 1,25 Volts por célula) e um conjunto de 6 baterias fornece 7,2 Volts (7,5 Volts com uma identificação de 1,25 Volts por célula). A Chumbo-Ácido portátil vem em formato de 3 células (6 Volts) e em 6 células (12 Volts).

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

Na ligação em série, a tensão do conjunto é igual à soma das tensões de cada bateria. A corrente do conjunto é igual à corrente de uma bateria.

Tem sido uma tendência diminuir a tensão das baterias para dispositivos portáteis leves, tal como telefones celulares. Isso foi possível graças aos avanços na microeletrônica. Para alcançar a mesma energia com tensões menores, maiores correntes são necessárias. Com maiores correntes, uma baixa resistência interna da bateria é crítica. Isso apresenta um desafio se dispositivos de proteção são usados.

Conjuntos com menos células em série geralmente funcionam melhor que aqueles com 12 baterias ou mais. Similar a uma corrente, quanto mais elos ela tiver, maior será a probabilidade de um se romper. Em baterias de tensões mais



elevadas, combinações precisas de células tornam-se muito importantes, especialmente se altas correntes de carga são puxadas ou se o conjunto é operado em temperaturas frias.

Conexões em paralelo são usadas para a obtenção de altas taxas Ah (ampére 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.

Freqüentemente, uma conexão paralela é a única opção de 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 Lítio-Íon é a que melhor permite conexão paralela.

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.

## **11-Circuitos de proteção**

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

A proteção mais básica é um fusível que se abre caso uma excessiva corrente for tirada. 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 reajustável.

Em corrente excessiva, o Polyswitch™ cria uma alta resistência, inibindo o fluxo de corrente. Quando a condição se normaliza, a resistência do comutador reverte para a posição "ON", permitindo retomar a operação normal. Comutadores de estado sólido também são utilizados para romper a corrente. Ambos comutadores de estado sólido e a Polyswitch™ têm uma resistência residual para a posição "ON" durante operação normal, causando um aumento na resistência interna da bateria.

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 2 ou 3 vezes o de uma bateria normal.

Conjuntos de Lítio-Íon comerciais contêm um dos mais exatos circuitos de proteção na indústria de bateria. Esses circuitos garantem a segurança sob todas as circunstâncias quando nas mãos do público. Tipicamente, um Transistor de Efeito de Campo (FET) se abre se a tensão de carga de qualquer de qualquer célula alcançar 4,30 Volts e um fusível é ativado se a temperatura da célula se aproximar de 90°C (194°F).

A bateria de Lítio-Íon é tipicamente descarregada para 3 Volts por célula. Durante armazenagem prolongada, contudo, uma descarga abaixo do nível de corte é possível.

Nem todos os carregadores são projetados para aplicar uma carga uma vez que a bateria de Lítio-Íon tenha caído para menos de 2,5 Volts por célula. Quanto mais células conectadas em série, mais complexo o circuito de proteção se torna.

Quatro células é o limite prático para aplicações comerciais. O circuito de proteção interno de um telefone celular quando na posição "ON" tem uma resistência de 50 a 100 mΩ. O circuito normalmente consiste em dois comutadores ligados em série. Um é responsável pelo corte em sobrecarga e o outro pelo corte em subtensão. A resistência combinada desses dois dispositivos virtualmente dobra a resistência interna do conjunto de baterias, especialmente se apenas uma célula é usada.

Alguns pequenos conjuntos de Lítio-Íon com química de manganês, contendo uma ou duas células, podem não incluir um circuito de proteção eletrônico. O manganês é mais tolerante que os outros sistemas, se sobrecarregado. A ausência de um circuito de proteção economiza dinheiro, mas um novo problema surge.

Usuários de telefones celulares têm acesso a carregadores que podem não ser aprovados pelo fabricante da bateria. Disponível a um baixo custo para carro e viagem, esses carregadores podem depender de um circuito de proteção da bateria para terminar à carga completa.

Sem o circuito de proteção, a tensão da célula da bateria aumenta demais e sobrecarrega a bateria. Aparentemente ainda segura, um dano irreversível na bateria freqüentemente ocorre. Aumento do aquecimento e "inchaço" da bateria são comuns sob essas circunstâncias. Tais situações devem ser evitadas a toda hora. Os fabricantes estão freqüentemente perdendo dinheiro quando precisam trocar essas baterias sob garantia.

Baterias de Lítio-Íon com eletrodos de cobalto, por exemplo, requerem proteção completamente segura, principalmente considerando que eletricidade estática ou um carregador danificado pode destruir o circuito de proteção da bateria.

Tal dano freqüentemente faz com que o circuito de proteção comute para a posição "ON" sem conhecimento do usuário. Uma bateria com um circuito de proteção defeituoso pode funcionar normalmente, mas não fornece a segurança exigida. Se carregada além dos limites seguros de tensão com um carregador mal projetado, a bateria pode se aquecer, então se expandir e em alguns casos abrir com chama. Dar curto em tal bateria pode também ser perigoso.

Fabricantes de baterias de Lítio-Íon se privam de mencionar explosão. "Abertura com chama" é a terminologia aceita. Embora mais lenta na reação do que na explosão, a abertura com chama pode ser muito violenta. Isso pode danificar o equipamento onde a bateria estava conectada.

A maioria dos fabricantes não vende as células de Lítio-Íon soltas, mas as disponibilizam em um conjunto de bateria, completa com circuito de proteção.

Essa precaução é compreensível quando se considera o perigo de explosão e fogo se a bateria é carregada e descarregada além dos seus limites de segurança.

A maioria das casas montadoras de baterias devem certificar a montagem do conjunto e do circuito de proteção pretendidos a serem usados com o fabricante antes desses itens serem aprovados para venda.

## 12-Carregadores de baterias





Existem duas variedades distintas de carregadores: os carregadores pessoais e os carregadores industriais.

O carregador pessoal é vendido em separado ou é oferecido com produtos tais como telefones celulares, laptops e câmeras de vídeo. Estes carregadores são baratos de serem comprados e funcionam bem quando usados para a aplicação pretendida. O carregador pessoal oferece razoável tempo de carga.

Em comparação, o carregador industrial é projetado para uso fabril. Esses carregadores são feitos para uso repetitivo. Disponível em configurações simples ou multi-compartimento, os carregadores industriais são oferecidos pelo fabricante do equipamento original.

Em alguns casos, os carregadores podem também ser obtidos de fabricantes terceirizados. Enquanto os fabricantes de equipamento original oferecem condições básicas, os fabricantes terceirizados freqüentemente incluem características especiais, tais como carregamento a pulso negativo, função de descarga para condicionamento da bateria, e indicação de estado de carga e estado de "saúde".

Muitos fabricantes terceirizados estão preparados para construir quantidades baixas de carregadores personalizados. Outros benefícios que fornecedores terceirizados podem oferecer, incluem preços atrativos e performance superior.

Nem todos os fabricantes terceirizados de carregadores possuem um padrão de qualidade que a indústria exige. O comprador precisa estar ciente de possíveis compromissos de qualidade e performance quando estiver comprando esses carregadores a preços de desconto. Algumas unidades podem não resistir ao uso repetitivo; outros podem desenvolver problemas de manutenção tais como contatos de baterias queimados ou quebrados.

Sobrecarga não controlada é outro problema em muitos carregadores, especialmente os que carregam baterias à base de Níquel. Altas temperaturas durante carga durante muito tempo, estragam as baterias. A sobrecarga ocorre quando o carregador mantém as baterias a uma temperatura que é quente para se tocar (mais de 60 graus).

Algumas elevações de temperatura não podem ser evitadas quando baterias à base de Níquel estiverem sendo carregadas. Um pico de temperatura é alcançado quando a bateria se aproxima da carga completa. A temperatura deve estar razoável quando a luz indicadora de fim de carga aparecer e a bateria tiver mudado para carga pulsante. A bateria deve eventualmente esfriar-se para a temperatura ambiente.



Se a temperatura não cair e permanecer acima da temperatura ambiente, o carregador está operando incorretamente. Em tal caso, a bateria deve ser removida o mais rápido possível depois que a luz indicadora de fim de carga tiver se acendido. Qualquer carregamento pulsante prolongado irá danificar a bateria.

Este cuidado se aplica especialmente às baterias de NiMH porque elas não absorvem a sobrecarga muito bem. De fato, uma NiMH com alta carga pulsante pode esfriar até a temperatura de toque e ainda estar em uma condição de dano por sobrecarga. Tal bateria teria uma baixa vida de serviço.

Uma bateria à base de Lítio nunca deve ficar quente em um carregador. Se isto acontece, a bateria está com problema ou o carregador não está funcionando adequadamente.

Pare de usar essa bateria e/ou o carregador.

É preferível armazenar as baterias em uma prateleira e aplicar uma carga de pico antes do uso, do que deixar a bateria no carregador por dias.

Até com carga pulsante aparentemente correta, as baterias de NiCd produzem formação cristalina (também conhecida como "memória") quando deixadas no carregador. Por causa da elevada autodescarga, uma corrente de pico é necessária antes do uso. A maioria dos carregadores de Li-Íon permite que a bateria permaneça conectada sem infligir dano.

Existem 3 tipos de carregadores para baterias à base de Níquel:

### **12.1-Carregadores Lentos**

Também conhecidos por "Carregadores Normais", aplicam uma taxa de carga fixa em aproximadamente 0,1 C. O tempo médio de carga para esse tipo de carregador é de 14 a 16 horas. Na maioria dos casos não ocorre detecção de carga completa para alterar para uma taxa de carga mais baixa no final do ciclo de carga.

Se a corrente de carga é ajustada corretamente, a bateria em um carregador lento, se mantém morna ao toque, quando completamente carregada. Neste caso, a bateria não precisa ser removida imediatamente após estar totalmente carregada, mas não deve ficar no carregador por mais de um dia. Quanto mais cedo a bateria for removida após estar completamente carregada, melhor é.

Um problema surge se uma bateria de menor capacidade é carregada com um carregador projetado para baterias de maiores capacidades. Embora o carregador execute bem a fase inicial de carga, a bateria começa a se esquentar passados



70% do nível de carga. Pelo fato de não haver condições de diminuir a corrente de carga ou de terminar de carregar, na segunda fase do ciclo de carga irá ocorrer sobrecarga devido ao aquecimento.

Se um carregador alternativo não estiver disponível, o usuário é aconselhado a observar a temperatura da bateria que está sendo carregada e desconectar a bateria quando estiver quente ao toque.

O oposto pode ocorrer quando uma bateria de maior capacidade é carregada em um aparelho projetado para carregar baterias de menor capacidade. Em tal caso, um carregamento completo nunca será alcançado. As baterias permanecem frias durante a carga e não irão render o esperado. Uma bateria à base de Níquel que seja continuamente sub-carregada irá eventualmente perder sua habilidade de aceitar uma carga completa devido à "memória".

## **12.2-Carregadores Rápidos**

É um dos mais populares. Está posicionado entre os carregadores lentos e os carregadores super-rápidos tanto quanto ao tempo de carga como quanto ao preço. O tempo de carga médio é de 3 a 6 horas e a taxa de carga é de aproximadamente 0,3 C. Controle de carga é necessário para terminar a carga quando a bateria estiver carregada. O carregador rápido bem projetado fornece melhor serviço para baterias à base de Níquel do que os carregadores lentos. Baterias duram mais se carregadas com altas correntes, visto que elas permanecem frias e não são sobrecarregadas.

## **12.3-Carregadores Super-Rápidos**

Os carregadores super-rápidos oferecem várias vantagens em relação aos outros carregadores; o mais óbvio é o menor tempo de carga. Por causa do maior fornecimento de energia e dos circuitos de controle serem mais caros, o carregador super-rápido custa mais que os carregadores lentos, mas o investimento é retornado no fornecimento de uma boa performance das baterias, que duram mais.

A uma taxa de carga de 1 C, uma bateria vazia de NiCd tipicamente carrega em pouco mais de uma hora. Quando a bateria está completamente carregada, alguns carregadores comutam para um modo de carga de pico, administrado por um temporizador que completa o ciclo de carga a uma corrente de carga reduzida.

Uma vez completamente carregada, o carregador altera para a carga pulsante. Esta carga de manutenção compensa a autodescarga da bateria.



Carregadores modernos super-rápidos, geralmente utilizam baterias de NiCd e NiMH. Devido à alta corrente gerada pelos carregadores e a necessidade de monitorar a bateria durante a carga, é importante carregar apenas baterias especificadas pelo fabricante.

Alguns fabricantes de baterias codificam as baterias eletricamente para identificarem sua química e a taxa de carga. O carregador então ajusta a corrente de carga correta e o algoritmo para a bateria apropriada.

As baterias de Chumbo-Ácido e lítio-íon são carregadas com diferentes algoritmos e não são compatíveis com os métodos de carga usados para baterias à base de Níquel.

É melhor o carregamento rápido de baterias à base de Níquel. Sabe-se que ao carregar no modo lento, é criada uma formação cristalina em baterias à base de Níquel, um fenômeno que diminui a performance da bateria e encurta seu tempo de vida útil. A temperatura da bateria durante a carga deve ser razoável e o pico de temperatura deve ser mantido o menor possível.

Não é recomendável deixar baterias à base de Níquel no carregador por mais de poucos dias, até com uma ajustagem correta da corrente de carga pulsante.

Um carregador projetado para carregar baterias de NiMh pode também utilizar baterias de NiCd. Mas o contrário não é válido. Um carregador feito apenas para baterias NiCd pode sobrecarregar baterias de NiMh.

Carregadores para baterias à base de Lítio são mais definidos em termos de método de carga e tempo de carga. Isto é, em parte, devido ao regime de carga restrito e às condições exigidas por essas baterias.

Métodos de carga rápida não diminuem significativamente o tempo de carga para essas baterias. Uma taxa de carga superior a 1 C deve ser evitada porque tal corrente alta pode induzir ao depósito de Lítio. Com a maioria das baterias, uma taxa acima de 1 C não é possível. O circuito de proteção limita a quantidade de corrente que a bateria pode aceitar. A bateria à base de lítio tem um metabolismo lento e pode levar tempo para absorver a energia.

Carregadores de chumbo ácido servem a mercados industriais tais como hospitais e unidades de cuidados de saúde. Os tempos de carga são muito grandes e não podem ser encurtados. A maioria dos carregadores de Chumbo-Ácido carrega a bateria em 14 horas. Por causa de sua baixa densidade de energia, esse tipo de bateria não é usada com frequência em pequenos dispositivos portáteis.



### **13-Carregando Baterias de Níquel-Cádmio**

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 conduzir às células dentro das baterias um nível de carga igual, porque cada célula se auto descarrega em diferentes níveis de capacidade. Durante longa armazenagem, 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 carregar completamente uma bateria à base de Níquel. Células de qualidade, tais como as produzidas pela Sanyo e pela Panasonic, são conhecidas por atenderem à especificação completa após pouco mais de 5 a 7 ciclos de carga e descarga.

A maioria das células recarregáveis são equipadas com uma abertura de segurança para liberar excesso de pressão se carregadas incorretamente. A abertura de segurança em uma célula de NiCd abre de 1034 a 1379 kPa (150 a 200 psi). Em comparação, a pressão de um pneu de carro é tipicamente 240 kPa (35 psi).

Carregadores rápidos comerciais freqüentemente não são projetados para proteger a bateria. É especialmente verdade que carregadores de baterias de NiCd medem o estado de carga da bateria exclusivamente através da sensibilidade de temperatura. Embora simples e barata no projeto, a terminação de carga por sensibilidade de temperatura não é precisa.

Os termistores usados, comumente apresentam ampla tolerância; seus posicionamentos com respeito às células não são consistentes.

Temperaturas ambientes e exposição ao sol enquanto carregando também afetam a precisão da detecção de carga cheia. Para prevenir o risco de interrupção (cut-off) e assegurar carga cheia sob a maioria das condições, fabricantes de carregadores usam 50°C (122°F) como temperatura recomendada para interrupção (cut-off).

Embora uma prolongada temperatura acima de 45°C (113°F) seja prejudicial para a bateria, um curto pico de temperatura acima desse nível é freqüentemente inevitável.



Carregadores de NiCd mais avançados sentem a taxa de elevação de temperatura, definido como  $dT/dt$ , ou a mudança na temperatura durante o tempo de carga, em vez de responder a uma temperatura absoluta.  $dT/dt$  é definido 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 irá também entrar em uma curta condição de sobrecarga antes de uma carga cheia ser detectada. O método  $dT/dt$  apenas funciona com carregadores rápidos.

Deteção 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 um certo sinal de tensão ocorre.

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

NDV é o método de deteção de carga cheia recomendado para carregadores de NiCd de carga aberta porque ele oferece um rápido tempo de resposta.

A deteção 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, depois cai rapidamente.

Tal carga dura apenas poucos minutos e as células permanecem frias.

Carregadores de NiCd baseados em deteção de carga completa NDV, tipicamente respondem a uma queda de tensão de 10 a 30 mV por célula. São preferidos carregadores que respondem a um decréscimo de tensão muito pequeno aos que requerem uma queda maior.

Para obter uma queda de tensão suficiente, a taxa de carga deve ser de 0,5 C ou maior. Taxas de carga menores que 0,5 C 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 carregamento de segurança sob todas as condições. A maioria dos carregadores também monitora a temperatura da bateria.

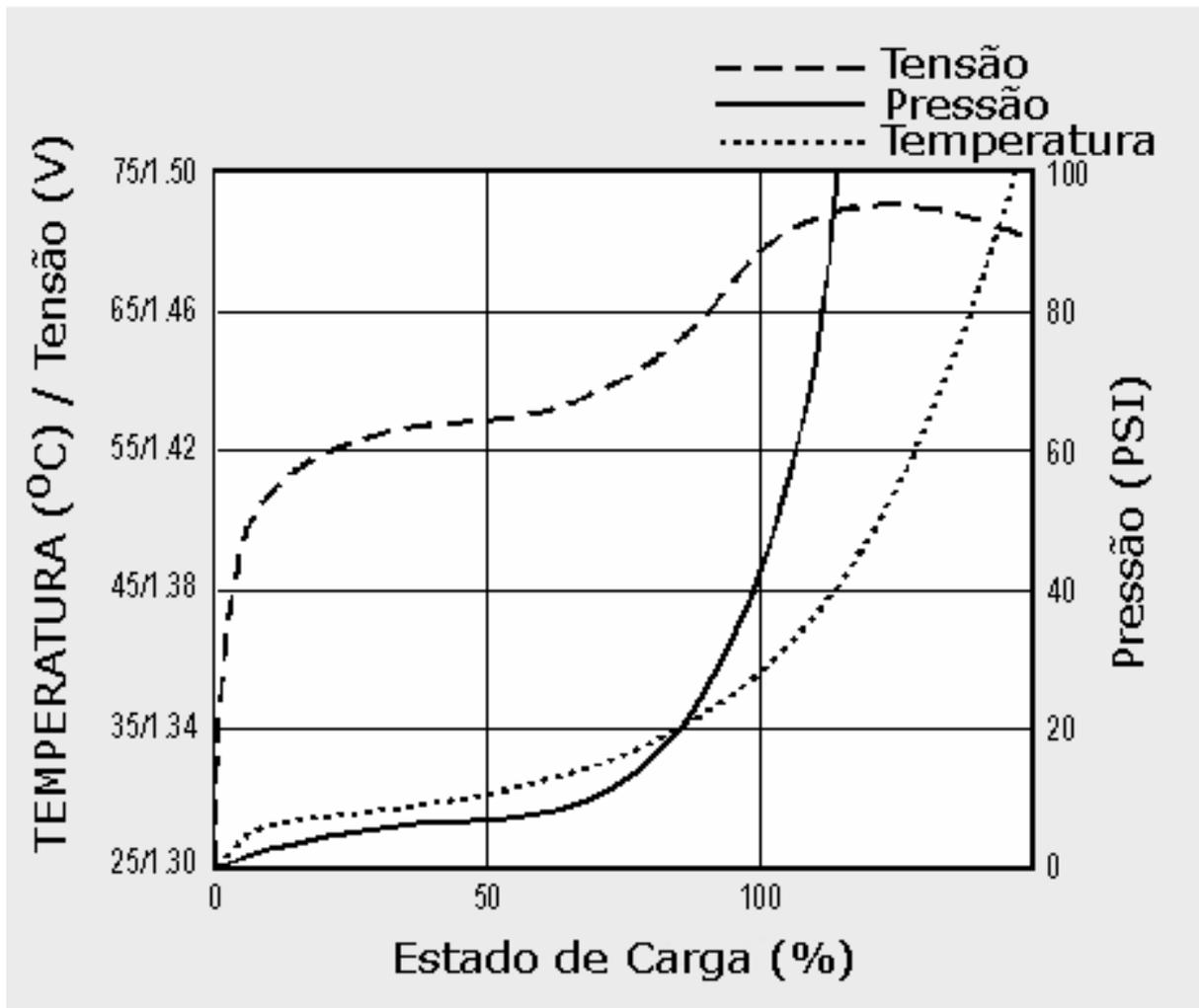
O fator de eficiência de carga de uma bateria NiCd padrão é melhor em carga rápida do que em carga lenta. A uma taxa de carga de 1 C, a eficiência de carga típica é 91%. Em uma carga lenta (0,1 C), a eficiência cai para 71%.



A uma taxa de 1 C, o tempo de carga de uma NiCd é superficialmente maior que 60 minutos (66 minutos em uma eficiência de carga assumida em 91%). A uma taxa de carga de 0,1 C, 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 cai. 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 relação da tensão da célula, pressão e temperatura quando uma NiCd está sendo carregada (essas características são similares em baterias de NiMH).





Baterias de NiCd de altíssima capacidade tendem a se aquecer mais do que as NiCd padrão se carregadas a 1 C ou mais.

Isto é parcialmente devido à resistência interna mais alta da bateria de alta capacidade.

A otimização de carga pode ser alcançada aplicando-se corrente 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.

Intercalar pulsos de descarga entre pulsos de carga melhora a aceitação de carga das baterias à base de Níquel. Esse método é comumente referido como "carregamento reverso".

Esse método de carga estimula a área de superfície nos eletrodos, resultando em uma performance elevada e aumento da vida de serviço. O carregamento reverso 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 DC convencionais.

Carregar pelo método de carregamento reverso minimiza a formação cristalina. Pesquisas realizadas na Alemanha têm mostrado que o método de carregamento reverso 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 0,1 C. Em um esforço de reduzir o fenômeno de memória, existe uma tendência a correntes de carga pulsante menores.

#### **14-Carregando Baterias de Níquel Metal Hidreto**

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. Este NDV é quase não existente em taxas de carga abaixo de 0,5°C e em temperaturas elevadas.

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



Aumentar a sensibilidade do carregador para responder à pequena queda de tensão, freqüentemente termina a carga rápida por 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.

A popularidade das baterias de NiMH introduziu muitas 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.

Este ganho é de aproximadamente 6% em uma bateria boa. Este aumento de capacidade é devido à curta sobrecarga a que a bateria é exposta. O aspecto negativo é um menor ciclo de vida. Ao invés de se esperar de 350 a 400 ciclos de serviço, essa bateria pode estar esgotada com 300 ciclos.

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  $1^{\circ}\text{C}$  ( $1,8^{\circ}\text{F}$ ) por minuto é comumente usada para terminar a carga.

A interrupção por temperatura absoluta é  $60^{\circ}\text{C}$  ( $140^{\circ}\text{F}$ ). Uma carga de pico de 0,1 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.

Aplicar uma carga rápida inicial de 1 C 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.

Conhecida como "carga de etapa diferencial", esse método de carga funciona bem com baterias de NiCd e NiMH.

A corrente de carga se ajusta para o estado da carga, permitindo alta corrente no início e 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.



As baterias de NiMH devem ser carregadas em modo rápido, ao invés do modo lento. A quantidade de carga pulsante aplicada para manter carga completa é especialmente crítica.

Pelo fato das baterias de NiMH não absorverem bem a sobrecarga, a carga pulsante deve ser ajustada mais baixa que a de NiCd.

A carga pulsante recomendada para a bateria de NiMH é uma baixa carga de 0,05 C. Isto é o porquê do carregador original de NiCd não poder ser usado para carregar baterias de NiMH. A baixa taxa de carga pulsante é aceitável para a NiCd.

É difícil, se não impossível, de carregar uma bateria de NiMH em modo lento. A uma taxa de 0,1 C e 0,3 C, 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 entregue sempre uma carga de 100% sem considerar a condição da bateria, finalmente aplicaria muita carga. Sobrecarga poderia ocorrer até mesmo se a bateria de NiMH estivesse fria ao toque.

Alguns carregadores mais baratos podem não aplicar uma carga completamente saturada.

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.

Estes carregadores comumente são promovidos através dos méritos de pequenos tempos de carga e preço razoável.

A figura a seguir resume as características de carregadores lentos, rápidos e super-rápidos. Uma corrente de carga mais alta permite melhor detecção de carga cheia.

Esses valores também se aplicam às baterias de NiMH e NiCd.

	Taxa de Carga	Típico tempo de Carga	Temperaturas máximas permissíveis de carga	Método de carga
Carregador Lento	0.1C	14h	0°C a 45°C (32°F a 113°F)	Temporizador fixo. Sujeito à sobrecarga. Remover a bateria quando carregada.
Carregador Rápido	0.3-0.5C	4h	10°C a 45°C (50°F a 113°F)	NDV ajustado para 10mV/célula, usa platô de tensão, temperatura absoluta e TIME-OUT-TIMER. (A 0.3C, dT/dt não consegue elevar suficientemente a temperatura para terminar a carga.)
Carregador Super-Rápido	1C	1h+	10°C a 45°C (50°F a 113°F)	NDV responde a configurações maiores, usa dT/dt, platô de tensão, temperatura absoluta e TIME-OUT-TIMER.

## 15-Carregando Baterias Chumbo-Ácido

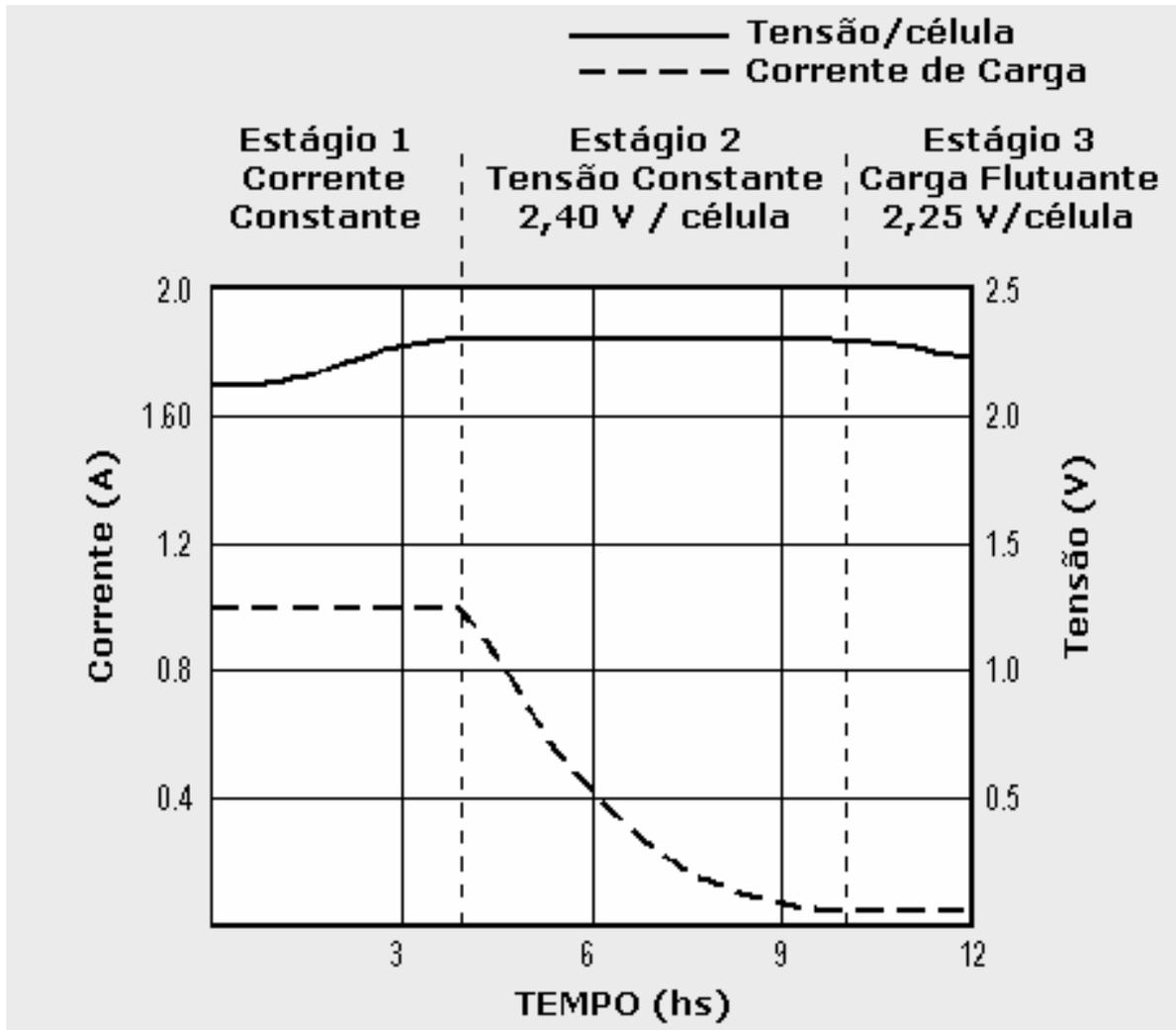
O algoritmo de carga para baterias de Chumbo-Ácido difere das de NiCd no limite de tensão, ao invés do limite de corrente ser usado.

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 multi-estágios, o tempo de carga pode ser reduzido para 10 horas ou menos.

As baterias de Chumbo-Ácido não podem ser totalmente carregadas tão rapidamente quanto às de NiCd.

Um carregador multi-estágio aplica carga de corrente constante, carga de pico e carga de flutuação, como mostrado na figura abaixo:



Durante a carga em corrente constante, a bateria carrega 70% em aproximadamente 5 horas; os 30% restantes são completados por uma lenta carga de pico.

A corrente de pico dura outras 5 horas e é essencial para o bem estar da bateria.

Isto pode ser comparado a um pequeno descanso após uma boa refeição antes de recomeçar o trabalho.

Se a bateria não estiver completamente saturada, a bateria de Chumbo-Ácido irá eventualmente perder sua habilidade de aceitar uma carga completa e a performance da bateria será reduzida.

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



É crítico o ajuste correto do limite de tensão da célula. Um limite de tensão crítico é de 2,30 Volts até 2,45 Volts.

Se uma carga lenta é aceitável, ou se a temperatura ambiente puder exceder 30°C(86°F), 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 2,40 a 2,45 Volts por célula.

O limite de tensão de carga indicado na figura acima é uma tensão momentânea de pico e a bateria não pode permanecer nesse nível. Esta crista de tensão é usada apenas quando aplicar um ciclo de carga completa para uma bateria que tenha sido descarregada.

Uma vez completamente carregada e pronta para uso, uma carga de flutuação é aplicada, que é mantida constante a um nível de tensão mais baixo. A tensão de carga de flutuação recomendada para a maioria das baterias de Chumbo-Ácido de baixa pressão é entre 2,25 a 2,30 Volts por célula. Um bom acordo é 2,27 Volts.

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 otimizarem a tensão de flutuação.

Carregar uma bateria selada de Chumbo-Ácido usando técnicas de corrente de flutuação tradicional é como "dançar na cabeça de um alfinete".

A bateria quer estar carregada completamente para evitar sulfatação na placa negativa, mas não quer 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 a partir da sobrecarga. 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.

Muito tem sido dito sobre carregar baterias de Chumbo-Ácido por pulsos. Embora existam vantagens óbvias de corrosão reduzida da célula, fabricantes e técnicos de serviço não estão de acordo a respeito das vantagens de tal método de carga. Algumas vantagens são aparentes se a carga por pulsos é aplicada corretamente, mas os resultados são não-conclusivos.

Considerando que os ajustes de tensão da figura anterior se aplicam a baterias de Chumbo-Ácido de baixa pressão com uma válvula de escape de pressão de aproximadamente 34 kPa(5psi), as baterias cilíndricas seladas de Chumbo-Ácido (Hawker) requerem maiores ajustes de tensão.

Estes limites de tensão devem ser ajustados de acordo com as especificações do fabricante. A não aplicação do limiar de tensão recomendado para essas baterias causa uma queda gradual na capacidade devido à sulfatação. Tipicamente, a célula Hawker tem um ajuste de escape de pressão de 345kPa (50psi). Isso permite alguma recombinação dos gases durante a carga.

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 2,10 Volts por célula. As exigências da corrente de pico podem ser diferentes para cada fabricante. Sempre siga os intervalos de tempo recomendados pelo fabricante.

Medindo a tensão de uma célula aberta enquanto armazenada, uma indicação de nível de carga aproximada pode ser obtida. A tensão de 2,11 Volts, 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 2,10 Volts, vários ciclos de carga e descarga podem ser necessários para fazer a bateria ter performance total. Quando 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 2,10 Volts 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 suave curto, 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.

A célula Hawker pode ser armazenada a voltagens menores que 1,81 Volts. Contudo, quando estiver reativando as células, uma tensão de carga maior que a normal pode ser exigida para converter os grandes cristais de volta a um bom material ativo.

O preço de uma célula Hawker é um pouco maior que a da equivalente de plástico, mas é mais barata que a de NiCd. Também conhecida como "Ciclone", essa célula é similar à de NiCd cilíndrica. Esta construção melhora a estabilidade da célula e fornece correntes de descarga maiores quando comparada com a selada de Chumbo-Ácido de placa plana.

As baterias de Chumbo-Ácido são preferidas para utilização em sistemas de "No-Break". 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 e nas de Chumbo-Ácido reguladas por válvula, uma redução do eletrólito causará um dano irreversível. Fabricantes e o pessoal de serviços estão freqüentemente 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 e técnicos de serviço 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 auto-descarga. 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 de carga durante a espera. Em algumas aplicações, a bateria age como um amortecedor de energia e precisa estar abaixo da carga contínua.

**IMPORTANTE:** EM CASO DE RUPTURA, ELETRÓLITO VAZANDO OU QUALQUER OUTRA CAUSA DE EXPOSIÇÃO AO ELETRÓLITO, JOGUE ÁGUA IMEDIATAMENTE. SE OCORRER EXPOSIÇÃO AOS OLHOS, LAVE-OS POR 15 MINUTOS E CONSULTE UM MÉDICO IMEDIATAMENTE.

## **16-Carregando baterias de Lítio-Íon**

O carregador de baterias de Lítio-Íon 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 Lítio-Íon são muito rígidos em ajustar a tensão correta.

Quando o Lítio-Íon foi introduzido pela primeira vez, o sistema de grafite exigia um limite de tensão de carga de 4,10 Volts por célula. Embora tensões maiores entreguem densidades de energia maiores, a oxidação da célula limita a vida de serviço das células de grafite que foram carregadas abaixo do limiar de 4,10 Volts por célula.

Esse efeito tem sido solucionado com aditivos químicos. A maioria das células de Lítio-Íon comerciais pode agora ser carregada a 4,20 Volts. A tolerância para todas as baterias de Lítio-Íon é um apertado +/- 0,05 Volts por célula.

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



O tempo de carga de todas as baterias de Lítio-Íon, quando carregadas a uma corrente inicial de 1 C, 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 ter caído e se igualado a 3% da corrente de carga nominal.

Aumentar a corrente de carga em um carregador de Lítio-Íon 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.

Alguns carregadores afirmam carregar em modo rápido uma bateria de Lítio-Íon em 1 hora ou menos

Nenhuma carga pulsante é aplicada porque a Lítio-Íon 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 Lítio-Íon 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 abaixo de 4,3 Volts, a célula causa depósito de metal de lítio no anodo. Além disso, o material do catodo se torna um agente oxidante, perde instabilidade e libera oxigênio. Sobrecarga faz a célula se aquecer.

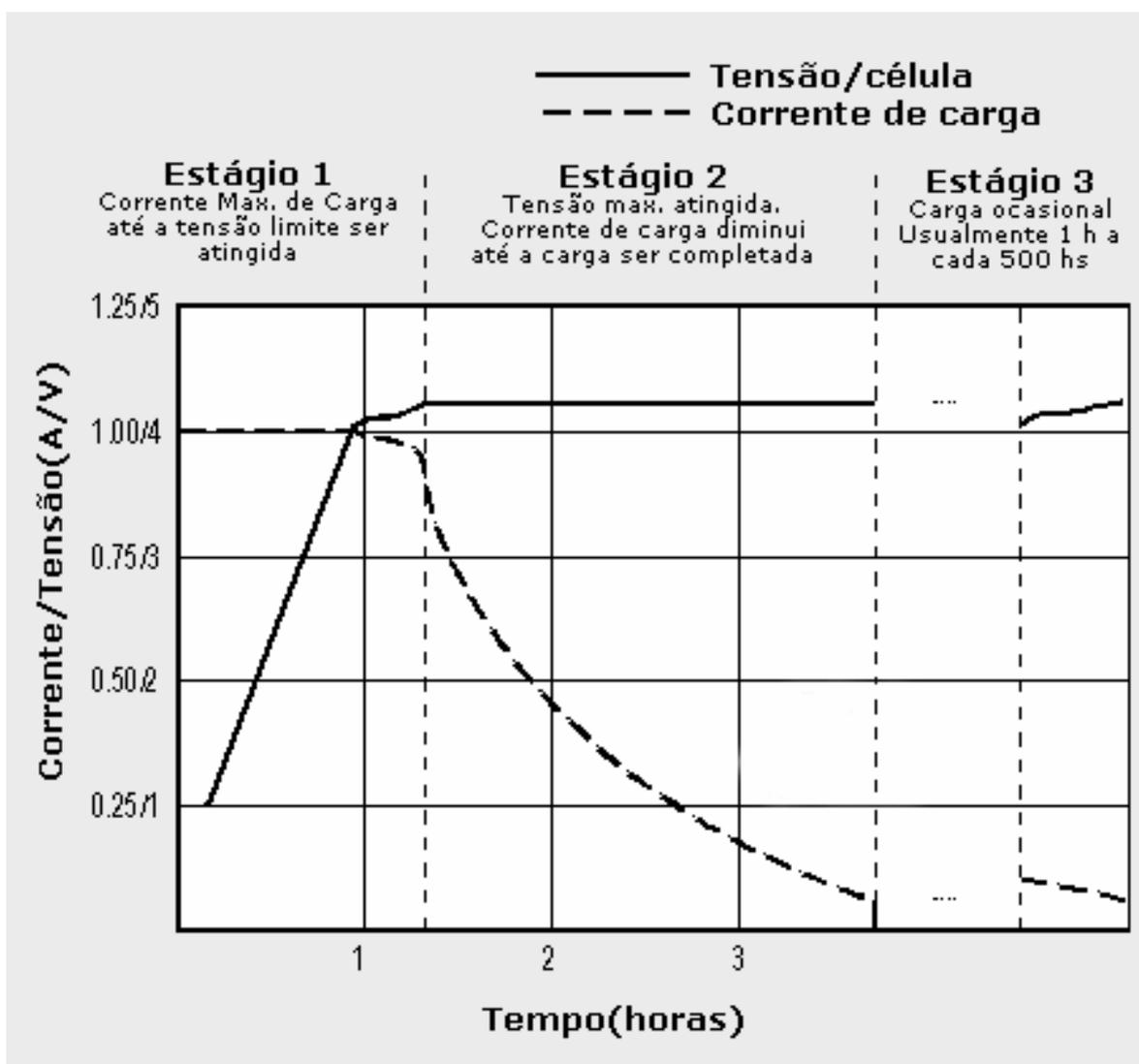
Muita atenção tem sido aplicada na segurança das baterias de Lítio-Íon. Baterias de Lítio-Íon comerciais contém um circuito de proteção que previne a tensão da célula de ficar muito alta enquanto estiver sendo carregada. O limiar típico de segurança é ajustado para 4,30 Volts por célula.

Além disso, a sensação de temperatura desconecta a carga se a temperatura interna se aproxima de 90°C(194°F). 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 sub-tensão ou sobre-tensão.

**IMPORTANTE:** EM CASO DE RUPTURA, ELETRÓLITO VAZANDO OU QUALQUER OUTRA CAUSA DE EXPOSIÇÃO AO ELETRÓLITO, JOGUE ÁGUA IMEDIATAMENTE. SE OCORRER EXPOSIÇÃO AOS OLHOS, LAVE-OS POR 15 MINUTOS E CONSULTE UM MÉDICO IMEDIATAMENTE.

A figura a seguir mostra os estágios de carga em uma bateria de Lítio-Íon:



### 17-Carregando Baterias de Lítio-Polímero

O processo de carga das baterias de Lítio-Polímero é similar ao de Lítio-Íon. Lítio-Polímero usa eletrólito seco e demora de 3 a 5 horas para carregar.



Lítio-Íon Polímero com eletrólito de colóide (com gel), por outro lado, é quase idêntico ao de Lítio-Íon. De fato, o mesmo algoritmo de carga pode ser aplicado.

Com a maioria dos carregadores, o usuário não precisa saber se a bateria que está sendo carregada é de Lítio-Íon ou Lítio-Íon polímero.

Quase todas as baterias comerciais vendidas sob a tão chamada categoria Polímero são uma variedade da Lítio-Íon polímero usando algum tipo de eletrólito com gel.

## 18-Carregando baterias em altas e baixas temperaturas

Devem-se tomar alguns cuidados para se carregar baterias em ambientes submetidos a altas e baixas temperaturas. As baterias recarregáveis podem ser usadas sob uma faixa razoável de temperaturas.

Isso, de qualquer modo, não significa automaticamente que as baterias podem também ser carregadas a essas condições de temperatura. Embora o uso de baterias sob altas e baixas temperaturas não possa sempre ser evitado, o tempo de carga deve ser controlado pelo usuário. Esforços devem ser feitos para carregar as baterias apenas sob temperaturas ambientes.

Em geral, tecnologias mais antigas, tais como as de NiCd são mais tolerantes para carregar as baterias em temperaturas altas e baixas do que os sistemas mais avançados.

A figura a seguir mostra as temperaturas permissíveis (carga lenta e rápida) para as baterias de NiCd, NiMH, Chumbo-Ácido e Lítio-Íon.

	Carga Lenta (0,1 C)	Carga Rápida (0.5 a 1,0C)
Níquel Cádmio	0°C a 45°C (32°F a 113°F)	5°C a 45°C (41°F a 113°F)
Níquel Metal Hidreto	0°C a 45°C (32°F a 113°F)	10°C a 45°C (50°F a 113°F)
Chumbo Ácido	0°C a 45°C (32°F a 113°F)	5°C a 45°C (41°F a 113°F)
Lítio- Íon	0°C a 45°C (32°F a 113°F)	5°C a 45°C (41°F a 113°F)



Baterias de NiCd podem ser carregadas em modo rápido em uma hora ou pouco mais, contudo, uma carga tão rápida somente pode ser aplicada em temperaturas entre 5°C e 45°C (41°F e 113°F).

Temperaturas mais moderadas produzem melhores resultados. Quando carregar uma NiCd abaixo de 5°C (41°F), a capacidade de recombinar oxigênio e hidrogênio é extremamente reduzida e como resultado ocorre a criação de pressão. Em alguns casos, as células se abrem, liberando oxigênio e hidrogênio. Não somente os gases que escapam esvaziam o eletrólito, mas também o hidrogênio é altamente inflamável!

Carregadores que utilizam o NDV (delta V negativo) para terminarem a carga completa, fornecem algum nível de proteção quando usados em modo rápido em baixas temperaturas. Por causa da pobre aceitação de carga da bateria em baixas temperaturas, a energia da carga é convertida em oxigênio e em uma quantidade menor de hidrogênio. Essa reação causa queda de tensão na célula, terminando a carga através da detecção NDV. Quando isso ocorre, a bateria não pode ser totalmente carregada, mas a abertura é evitada ou minimizada.

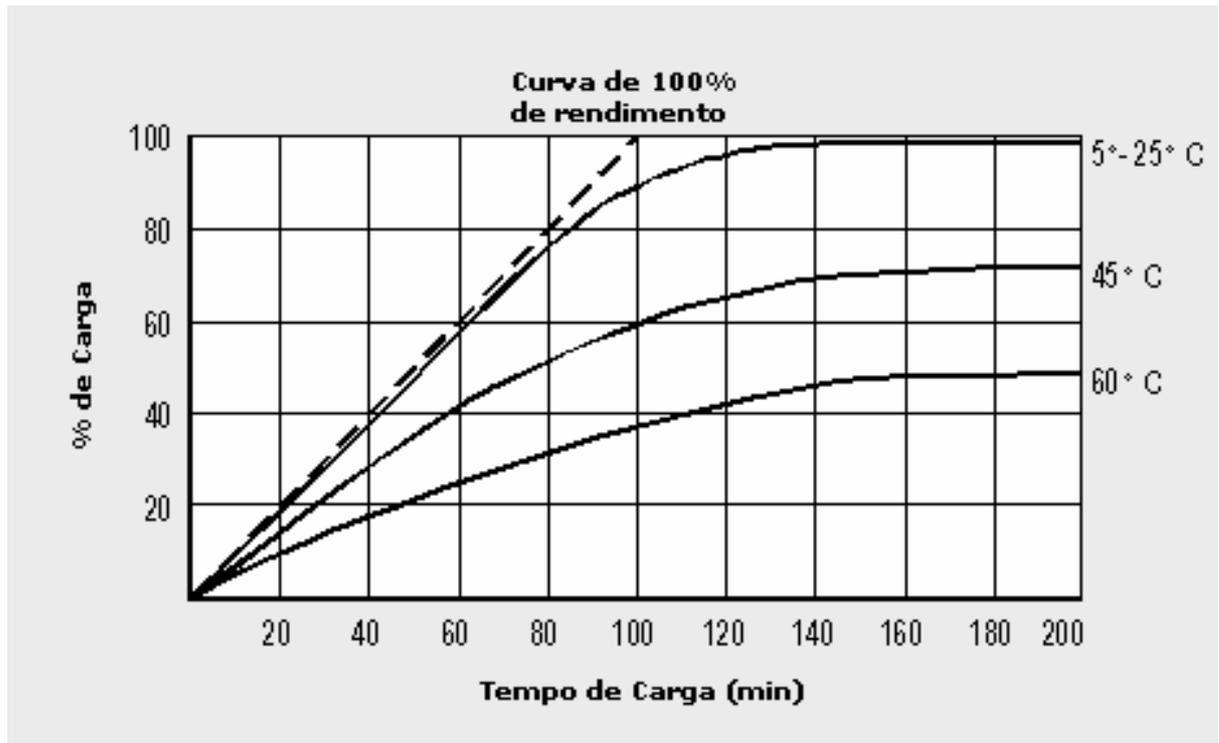
Para compensar a reação mais lenta a temperaturas abaixo de 5°C, uma taxa de carga baixa deve ser aplicada. Métodos de carga especiais estão disponíveis para carregar a temperaturas bem frias. Baterias industriais que precisam ser rapidamente carregadas em baixas temperaturas incluem um cobertor térmico que aquece a bateria para uma temperatura aceitável. Entre baterias comerciais, as de NiCd são as únicas baterias que aceitam carga em temperaturas extremamente baixas.

Carregar em altas temperaturas reduz a geração de oxigênio. Isto reduz o efeito NDV e dá uma maior precisão na detecção de carga completa.

A aceitação de carga de uma NiCd em altas temperaturas é drasticamente reduzida. Uma bateria que forneça uma capacidade de 100% se carregada numa temperatura ambiente moderada pode apenas aceitar 70% se carregada a 45°C(113°F), e 45% se carregada a 60°C(140°F), conforme a figura abaixo.

Condições similares se aplicam às baterias de NiMH. Uma razão para a pobre performance de baterias, especialmente se carregadas em altas temperaturas ambientes, é a interrupção prematura de carga. Isso é comum com os carregadores que usam temperatura absoluta para terminar a carga rápida.

A bateria NiMH é menos tolerante que a de NiCd se carregada sob altas e baixas temperaturas. A de NiMH não pode ser carregada em modo rápido abaixo de 10°C(45°F), nem pode ser carregada em modo lento abaixo de 0°C(32°F). .



A tabela a seguir mostra a tensão de pico em várias temperaturas quando carregando uma bateria selada de Chumbo-Ácido em modo de flutuação.

Implementando compensação de temperatura no carregador para ajustar a carga em temperaturas extremas, prolonga a vida da bateria em até 15%. Isso é especialmente verdade quando está operando em altas temperaturas.

	0°C (32°F)	25°C (77°F)	40°C (104°F)
Limite de tensão na recarga	2.55Volts / célula	2.45Volts / célula	2.35Volts / célula
tensão de flutuação contínua	2.35Volts / célula ou menos	2.30Volts / célula ou menos	2.25Volts / célula ou menos

Esses limites de tensão devem ser aplicados para altas temperaturas.



Nunca se deve permitir que uma bateria selada de Chumbo-Ácido se congele. Se isto acontecesse, a bateria seria permanentemente danificada e apenas forneceria poucos ciclos quando tivesse retornado à temperatura normal.

Para aumentar a aceitação de carga de baterias seladas de Chumbo-Ácido em baixas temperaturas e evitar a fuga térmica em temperaturas mais quentes, o limite de tensão de um carregador deve ser compensado em aproximadamente 3mV por célula por grau Celsius.

O ajuste de tensão tem um coeficiente negativo, significando que o limiar de tensão cai à medida que a temperatura aumenta.

Por exemplo, se o limite de tensão é ajustado para 2,40 Volts / célula a 20°C, o ajuste deve ser abaixado para 2,37 Volts / célula a 30°C e aumentado para 2,43 Volts / célula a 10°C.

Isto representa uma correção de 30 mV por célula por 10 graus Celsius.

As baterias de Lítio-Íon oferecem boa performance ao serem carregadas em baixas e altas temperaturas. Algumas células permitem carregar a 1 C de 0°C a 45°C (32°F a 113°F). A maioria das células de Lítio-Íon prefere uma corrente de carga menor quando a temperatura vai para baixo de 5°C (41°F) ou mais frio. Deve-se evitar carregar a temperaturas abaixo de 0°C porque pode ocorrer depósito de metal de lítio.

## **19-Carregadores Ultra-Rápidos**

Alguns fabricantes de carregadores pretendem surpreendentemente reduzir os tempos de carga para 30 minutos ou menos.

Com células bem balanceadas e operando em temperaturas ambientes razoáveis, baterias de NiCd projetadas para carregamento rápido podem de fato serem carregadas em um período muito curto.

Isso é feito simplesmente despejando uma alta corrente de carga durante os primeiros 70% do ciclo de carga. Algumas baterias de NiCd podem receber até 10 C. Detecção de estado de carga precisa e monitoramento de temperatura são essenciais.

A alta corrente de carga deve ser reduzida a níveis mais baixos na segunda fase do ciclo de carga porque a eficiência de absorver carga é progressivamente reduzida à medida que a bateria passa para um estado de carga maior. Se a



corrente de carga permanece muito alta em uma posterior fase do ciclo de carga, a energia excessiva se transforma em calor e pressão.

Eventualmente ocorrem aberturas, liberando gás hidrogênio. Não somente os gases que escapam esvaziam o eletrólito, como também eles são altamente inflamáveis!

Diversos fabricantes oferecem carregadores que creditam carregar completamente uma bateria de NiCd em metade do tempo dos carregadores convencionais.

Baseado na tecnologia de carga por pulsos, esses carregadores intercalam um ou vários curtos pulsos de descarga entre cada pulso de carga. Isso promove a recombinação de gases de oxigênio e hidrogênio, resultando um reduzido acúmulo de pressão e uma temperatura da célula mais baixa.

Carregadores ultra rápidos baseados nesse princípio podem carregar uma bateria à base de Níquel em um tempo menor que os carregadores regulares, mas apenas aproximadamente até 90% do estado de carga. Uma carga pulsante é necessária para elevar a carga para 100%.

Sabe-se que carregadores de pulsos reduzem a formação cristalina (memória) em baterias à base de Níquel. Usando esses carregadores, alguma melhoria na performance da bateria pode ser conseguida, especialmente se a bateria é afetada pela memória.

O método de carga por pulsos não substitui descarga completa periódica. Para formações cristalinas mais severas em baterias à base de Níquel, uma descarga completa ou ciclo de condicionamento é recomendável para recuperar a bateria.

O carregamento ultra-rápido pode ser aplicado apenas para baterias em bom estado e aquelas projetadas para carregamento rápido. Algumas células simplesmente não são construídas para carregarem alta corrente.

Outro problema com carregadores ultra-rápidos acontece quando estão sendo carregadas baterias envelhecidas que comumente possuem alta resistência interna.

Uma condutividade pobre se transforma em calor, que mais tarde acaba deteriorando as células.

Conjuntos de baterias com células mal combinadas colocam um outro desafio. As células fracas que armazenam menos capacidade são carregadas antes daquelas com capacidades maiores e começam a se aquecer. Este processo as torna vulneráveis a danos futuros.



O carregador ultra-rápido ideal primeiro verifica o tipo de bateria, mede seu estado de "saúde" e então aplica uma corrente de carga tolerável. Baterias de capacidade ultra-alta e aquelas que estão envelhecidas são identificadas, e o tempo de carga é prolongado por causa de uma resistência interna mais elevada.

O carregador deve prevenir o acúmulo excessivo de temperatura. Detecção lenta do calor ao carregar rapidamente uma bateria, torna fácil a ocorrência de sobrecarga.

Isso é especialmente verdade para carregadores que controlam carga rápida usando exclusivamente detecção de temperatura. Se o aumento da temperatura é medido corretamente na "pele" da célula, uma razoável e precisa detecção do estado de carga torna-se possível. Se feita na superfície externa da bateria, futuros atrasos ocorrerão.

Qualquer exposição prolongada a uma temperatura de 45°C (113°F) prejudica a bateria.

Novos conceitos de carregadores estão sendo estudados, o qual regula a corrente de carga de acordo com a aceitação de carga. Na carga inicial de uma bateria vazia, quando a aceitação está alta e pouco gás é gerado, uma corrente muito alta pode ser aplicada. Perto do final da carga, a corrente é diminuída.

## **20-Carregadores inteligentes**

Novos sistemas de baterias exigem carregadores mais complexos do que com baterias com químicas mais antigas.

Com os chips de carga de hoje, projetar um carregador ficou mais simples. Esses chips aplicam algoritmos de carga e são capazes de servir a maioria das químicas de baterias.

À medida que o preço desses chips abaixa, engenheiros de projeto fazem um maior uso desse produto. Com o chip, um engenheiro pode focar totalmente no equipamento portátil ao invés de dedicar tempo para desenvolver um circuito de carga.

O chip tem algumas limitações. O algoritmo de carga é fixado e não permite sintonia fina. Se uma carga pulsante é necessária para aumentar a tensão de uma Lítio-Íon que caiu abaixo de 2,5 Volts por célula para sua tensão de operação normal, a carga fornecida pelo chip pode não ser capaz de realizar essa função.



Do mesmo modo, se uma carga ultra-rápida é necessária para baterias à base de Níquel, o chip aplica uma corrente de carga fixa e não leva em consideração o estado de "saúde" da bateria. Além disso, uma carga de compensação de temperatura seria difícil de administrar se o chip não tiver essa característica.

Usar um pequeno micro-controlador é uma alternativa. O custo do "Hardware" é aproximadamente o mesmo. Quando optar por um micro controlador, uma atualização interna personalizada (firmware) será necessária.

Algumas características extras podem ser acrescentadas com um pequeno custo extra. Eles são carregadores rápidos baseados no estado de "saúde" da bateria. Temperaturas ambientes podem também ser levadas em conta. Se um chip ou micro-controlador é usado, componentes periféricos são exigidos.

## **21-Descarga de Baterias – Taxa C ( C-rate )**

O propósito de uma bateria é o de armazenar energia e liberá-la em um tempo apropriado de uma maneira controlada.

Ser capaz de armazenar uma grande quantidade de energia é uma coisa, a habilidade de satisfazer a capacidade de demanda é outra.

O terceiro critério é o de ser capaz de entregar toda a energia disponível sem deixar energia preciosa para trás quando o equipamento é interrompido.

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 1 C.

Uma descarga de 1 C extrai uma corrente igual à capacidade nominal.

Por exemplo, uma bateria de 1000mAh fornece 1000mA por 1 hora se descarregada à taxa de 1 C.

A mesma bateria descarregada a 0,5 C fornece 500 mA por 2 horas. A 2 C, a mesma bateria entrega 2000mA por 30 minutos. 1 C é freqüentemente atribuído como uma descarga de 1 hora; 0,5 C como 2 horas, e uma de 0,1 C como uma descarga de 10 horas.

A capacidade da bateria é comumente medida com um analisador de bateria. Se a leitura de capacidade do analisador é dada em porcentagem da taxa nominal, é indicado 100% se 1000mA puderem ser retirados de uma bateria com capacidade



de 1000mAh para uma hora. Se a bateria dura apenas 30 minutos antes da interrupção, 50% é indicado.

Uma nova bateria às vezes fornece mais do que 100% da capacidade. Em tal caso, a bateria é cautelosamente calculada e pode suportar tempo de descarga maior do que o especificado pelo fabricante.

Quando descarregar uma bateria com um analisador de bateria que permita ajustar diferentes Taxas C (C-Rates) de descarga, uma leitura de capacidade maior é observada se a bateria for descarregada à uma Taxa C mais baixa e vice-versa.

Ao descarregar uma bateria de 1000mAh a 2 C, ou 2000mA, o analisador deveria receber a capacidade total em 30 minutos. Teoricamente, a capacidade de leitura deve ser a mesma de uma descarga lenta, desde que quantidade idêntica de energia seja entregue, somente sobre um tempo mais curto.

Porém devido à perda de energia que acontece dentro da bateria e a queda de tensão que faz com que a bateria alcance mais rapidamente o final da descarga. A leitura de capacidade é menor e pode ser de 97%.

Descarregar a mesma bateria a 0,5 C, ou 500mA, acima de 2 horas, aumentaria a capacidade de leitura para aproximadamente 103%.

A discrepância nas leituras de capacidade com diferentes Taxas C depende amplamente da resistência interna da bateria. Em uma nova bateria com uma boa característica de capacidade de corrente ou baixa resistência interna, a diferença nas leituras é apenas de poucos pontos percentuais. Em uma bateria que apresente uma alta resistência interna, a diferença nas leituras de capacidade pode oscilar em  $\pm 10\%$  ou mais.

Uma bateria que não trabalha bem a uma taxa de descarga de 1 C é a selada de Chumbo-Ácido. Para obter uma leitura de capacidade prática, os fabricantes comumente taxam essas baterias em 0,05 C ou descarga de 20 horas.

Até à esta taxa de descarga lenta, é freqüentemente difícil de alcançar a capacidade de 100%. Ao descarregar uma bateria selada de Chumbo-Ácido a uma descarga de 5 horas (0,2 C), as leituras de capacidade são correspondentemente menores. Para compensar as diferentes leituras em várias correntes de carga, os fabricantes oferecem um equilíbrio de capacidade.

Baterias de Lítio-Íon/Polímero são protegidas eletronicamente contra altas descargas de corrente. Dependendo do tipo de bateria, a corrente de descarga é limitada algo em torno de 1 e 2 C. Essa proteção torna a Lítio-Íon inadequada



para equipamentos biomédicos, ferramentas de energia e transceptores de alta potência. Essas aplicações são comumente reservadas para baterias de NiCd.

## **22-Profundidade da Descarga**

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.

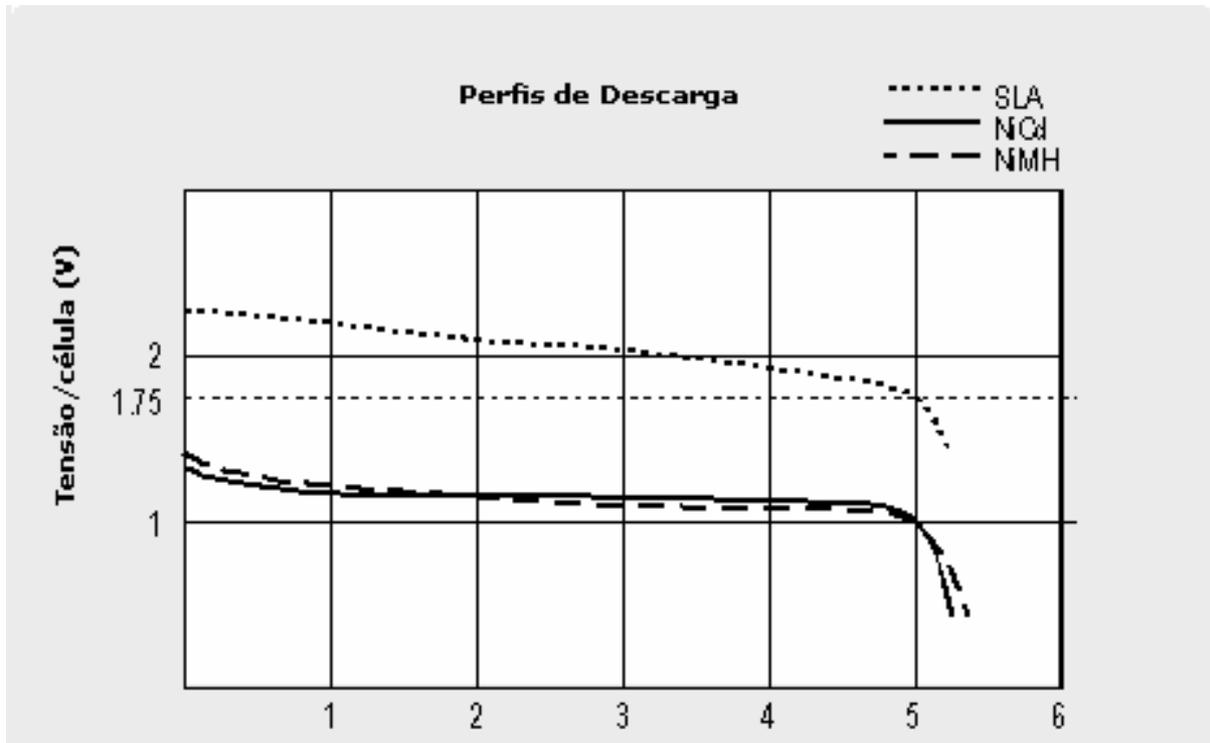
Desde que as células em um conjunto de baterias não podem ser perfeitamente combinadas, ocorre um potencial de tensão negativo (reversão de célula) através de uma célula mais fraca se a descarga continuar além do ponto de interrupção. Quanto maior for o número de células conectadas em série, maior a probabilidade disto acontecer.

Uma bateria de NiCd pode tolerar uma quantidade limitada de reversão de célula, que é tipicamente de 0,2 Volts. Durante esse tempo, a polaridade do eletrodo positivo é invertida. Tal condição pode apenas ser sustentada por um breve momento porque a evolução de hidrogênio acontecesse 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 elétrico. Tal erro não pode ser corrigido e o conjunto precisará ser trocado.

Se a bateria é descarregada a uma taxa mais que 1 C, o ponto de fim de descarga de uma bateria a base de Níquel é 0,9 Volts por célula. Isso é feito para compensar a queda de tensão induzida pela resistência interna da célula, a fiação, dispositivos de proteção e contatos do conjunto. Um ponto de interrupção mais baixo também oferece melhor performance em baixas temperaturas.

A tensão de fim de descarga recomendada para a bateria selada de Chumbo-Ácido é de 1,75 Volts por célula. Diferente da curva de descarga horizontal da NiCd, a bateria selada de Chumbo-Ácido tem uma queda de tensão gradual com um rápido declive em direção ao fim da descarga como mostrado na figura abaixo.



Características de descarga de baterias de NiCd, NiMH e de Chumbo-Ácido

Embora esse decréscimo estável na tensão seja desvantajoso, ele tem uma vantagem porque o nível de tensão pode ser utilizado para mostrar o estado da carga da bateria. Contudo, as leituras de tensão flutuam com carga e as leituras do estado da carga são imprecisas.

O ciclo de vida de uma bateria selada de Chumbo-Ácido está diretamente relacionada com a profundidade de descarga. O número típico de ciclos de carga/descarga a 25°C(77°F) 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 1,75 Volts 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.

Uma bateria de Lítio-Íon tipicamente descarrega para 3 volts por célula. Alguns modelos ("spinel" e "coke") podem ser descarregados para 2,5 Volts por célula.



Quanto mais baixa tensão de fim de descarga, a bateria ganha alguns pontos percentuais extras. Desde que os fabricantes de equipamento não possam especificar que tipo de bateria pode ser usado, a maioria dos equipamentos é projetado para uma interrupção de 3 Volts.

Deve-se tomar cuidado para não descarregar muito uma bateria à base de Lítio.

Descarregar uma bateria à base de Lítio abaixo de 2,5 Volts pode interromper o circuito de proteção da bateria.

Algumas baterias de Lítio-Íon possuem uma interrupção de tensão muito baixa que desconecta permanentemente o conjunto se uma célula cair para 1,5 Volts.

Esse cuidado proíbe recarga se a bateria tiver permanecido em um estado de tensão ilegal.

Uma descarga muito profunda pode causar a formação de derivação de cobre, que pode conduzir a um curto elétrico parcial ou total. O mesmo ocorre se a célula é levada para polaridade negativa e é mantida nesse estado por um instante.

Uma bateria totalmente descarregada deve ser carregada a 0,1 C. Carregar uma bateria com uma derivação de cobre a uma taxa de 1 C causaria um aquecimento excessivo. Tal bateria deve ser inutilizada.

Descarregar uma bateria muito profundamente é um problema; equipamento que interrompe antes da energia ser consumida é outro. Alguns dispositivos portáteis não são adequadamente adaptados 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. Se tal bateria é removida do equipamento e descarregada para um ponto de interrupção com um analisador de bateria em carga DC, um alto nível de capacidade residual pode ainda 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.



Similar às baterias de Chumbo-Ácido, as baterias de Lítio-Íon preferem ser descarregadas superficialmente. Até 1000 ciclos podem ser alcançados se a bateria for parcialmente descarregada.

Além dos ciclos, a performance das baterias de Lítio-Íon também é afetada pelo envelhecimento. Perda de capacidade por envelhecimento é independente do uso. Contudo, em uso diário, existe a combinação de ambos.

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 constante uso. As de NiMH são mais delicadas no que dizem respeito a ciclos repetidos de descarga profunda.

### **23-Descarga por Pulsos**

Químicas de baterias reagem diferentemente às exigências de descarregamento específico. Pelo fato de baterias serem dispositivos químicos que devem converter energia química em energia elétrica durante a descarga, a velocidade desta conversão determina as características de descarga de uma bateria.

As baterias de Chumbo-Ácido funcionam melhor em descargas lentas de 20 horas.

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 essas químicas de baterias.

Uma descarga à uma capacidade de 1 C fornece a mais pobre eficiência para baterias de Chumbo-Ácido. O menor nível de conversão, ou polarização aumentada, manifestam-se em um aumento momentâneo da resistência interna devido à depleção de material ativo na reação.

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

Em estudo recente, a longevidade da bateria de NiMH foi observada descarregando-se essas baterias com cargas digitais e analógicas. Em ambos os testes a bateria se descarregou para 1,04 Volts por célula.



A corrente de descarga analógica era de 500mA; o modo digital simulou as exigências do protocolo "Global System for Mobile Communications (GSM) e aplicou 1,65 amperes de corrente de pico por 12 milisegundos a cada 100 milisegundos. A corrente entre os picos era de 270 mA. (Note que o pulso GSM para voz é de aproximadamente 550µs a cada 4,5 milisegundos.

Com a descarga analógica, a bateria de NiMH se desgastou gradualmente, fornecendo uma vida de serviço acima da média. A 700 ciclos, a bateria ainda fornecia 80% da capacidade.

Em contraste, as células se enfraqueceram mais rapidamente com uma descarga digital. O limiar de capacidade de 80% foi alcançado depois de 300 ciclos. Este fenômeno indica que as características para baterias de NiMH se deterioram mais rapidamente com uma carga digital ao invés de uma carga analógica.

## **24-Descarga em altas e baixas temperaturas**

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 prolongado uso sob tais condições diminuem a vida da bateria.

Da mesma forma, as baterias Li-Íon 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 futuro aumento da resistência interna.

A química da NiMH se degrada rapidamente se carregada/descarregada (ciclo) em maiores temperaturas ambientes.

A melhor vida de bateria e contagem de ciclo são alcançadas a 20°C (68°F).

Cargas e descargas repetidas em temperaturas mais altas causarão perda de capacidade irreversível.

Por exemplo, se operada a 30°C (86°F), o ciclo de vida é reduzido em 20%. A 40°C (104°F), a perda salta para enormes 40%.

Se carregado e descarregado a 45°C (113°F), o ciclo de vida é apenas metade do que pode ser esperado se usado a uma temperatura ambiente razoável. Uma NiCd é também afetada pela operação em alta temperatura, mas para um grau menor.



Em baixas temperaturas, a performance 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.

Muitas baterias precisam estar acima de 0°C para se carregarem. Baterias de NiCd podem ser recarregadas a temperaturas abaixo de 0°C caso a taxa de carga seja reduzida para 0,1 C.

## **25-Os segredos da vida útil da bateria**

A autonomia de um dispositivo portátil está relacionada com o tamanho da bateria e com a energia que ela pode reter? Na maioria dos casos, a resposta é sim. Mas com equipamento digital, a duração de tempo que uma bateria pode operar não é necessariamente linear à quantidade de energia armazenada na bateria.

Nesse capítulo examinaremos como o tempo de autonomia para um dispositivo portátil pode não ser alcançado, especialmente após a bateria ter envelhecido.

Listamos 4 motivos que afetam a performance da bateria: declínio de capacidade, aumento da resistência interna, elevada auto-descarga e prematura interrupção de tensão na descarga.

### Declínio da Capacidade

A quantidade de carga que uma bateria pode reter, gradualmente diminui devido ao uso, envelhecimento, e com algumas químicas, 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 3 seções imaginárias consistindo em energia disponível, zona vazia (que pode ser utilizada novamente) e zona inutilizada. A figura a seguir ilustra essas 3 seções da bateria.



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 Lítio-Íon/Polímero é devido a 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

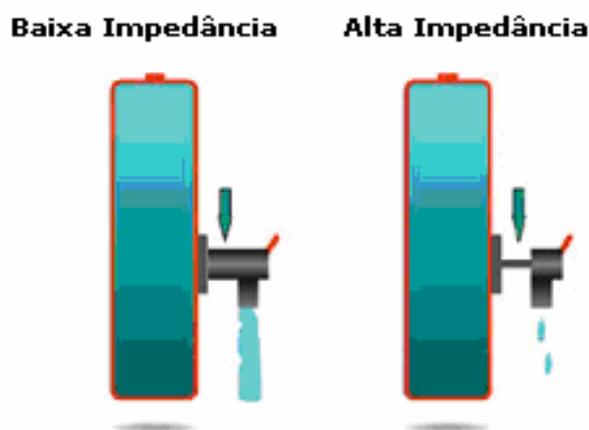
A resistência interna, também conhecida como impedância, determina a performance e o tempo de vida da bateria. Se medida com um sinal AC, a resistência interna da bateria é também chamada de impedância. A alta resistência interna corta o fluxo de energia da bateria para o equipamento.

Enquanto uma bateria com baixa resistência interna pode entregar alta corrente 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 pára 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 os picos de alta-energia levando o equipamento a parar de funcionar prematuramente.

A figura a seguir ilustra os efeitos da impedância na carga da bateria.



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 Lítio-Íon 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. A vida típica de uma bateria de Lítio-Íon é de 2 a 3 anos, estando ou não em uso. Armazenar em local fresco e manter a bateria em um estado parcialmente carregado, quando não estiver sendo usada, retardam o processo de envelhecimento.



A resistência interna das baterias de Lítio-Íon 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 pobre condutividade.

Com esforço e paciência, baterias de Chumbo-Ácido podem às vezes serem 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 DC, 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.

Analisadores 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.

### Auto-Descarga Elevada

Todas as baterias exibem uma certa quantidade de auto-descarga; 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 auto-descarga na bateria de Lítio-Íon é mais baixa comparada aos sistemas à base de Níquel. A bateria de Lítio-Íon se auto-descarrega aproximadamente 5% nas primeiras 24 horas e 1 a 2% após isso. Adicionar o circuito de proteção aumenta a auto-descarga para 10% por mês.

Uma das melhores baterias em termos de auto-descarga é o sistema de Chumbo-Ácido; ela apenas se auto-descarrega 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 de mão.

A altas temperaturas, a auto-descarga aumenta em todas as químicas de baterias. Tipicamente, a taxa dobra a cada 10°C (18°F). Grandes perdas de energia ocorrem através da auto-descarga 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 auto-descarga.



A auto-descarga 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 auto-descarga afete a performance da bateria.

Uma vez que a bateria apresente auto-descarga elevada, nenhum remédio está disponível para reverter o efeito. Os fatores que aceleram a auto-descarga em

baterias à base de Níquel são separadores danificados, e alta contagem de ciclo, que promove inchaço na célula.

No presente, nenhum teste rápido simples está disponível para medir a auto-descarga 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.



O problema da interrupção de tensão é mais comum do que é comumente suposto.

Por exemplo, uma certa marca de telefone celular que é alimentado com uma bateria de Lítio-Íon de célula simples interrompe a 3,3 Volts. A bateria de Lítio-Íon pode ser projetada para ser usada a 3 Volts e menos.

Com uma descarga para 3,3 Volts, apenas aproximadamente 70% da esperada capacidade de 100% é utilizada. Outro telefone celular que use baterias de NiMH e NiCd interrompe a 5,7 Volts. As baterias à base de Níquel de 4 células são projetadas para descarregar até 5 Volts.



Ao descarregar essas baterias para seus respectivos limites de fim de descarga, depois do 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 prematuro é induzido por uma célula com baixa tensão. Baixa tensão é freqüente em conjuntos de baterias que contém uma célula com um curto 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.

## **26-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 "à mercê" da bateria, quando se retira do carregador uma bateria recém carregada.

A ajuda está às mãos. Um número crescente de novas baterias recarregáveis é fabricada 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.

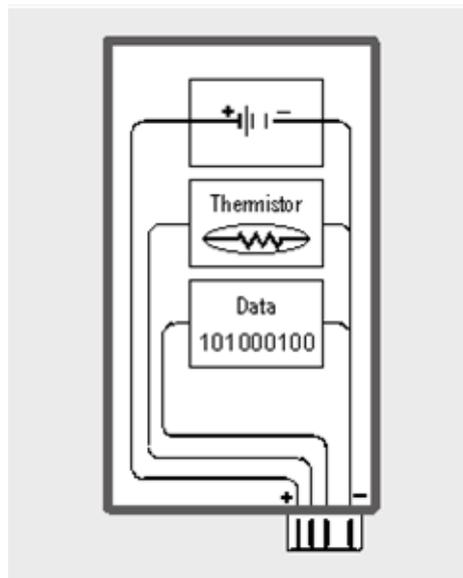
A bateria inteligente mais básica, pode conter apenas um chip para identificar sua química e dizer ao carregador qual algoritmo de carga aplicar. Outras baterias podem ser consideradas inteligentes simplesmente porque elas fornecem proteção contra sobrecarga, sob-descarga e curto-circuito.

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, numerosas arquiteturas de baterias inteligentes com leitura do estado de carga emergiram. 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 são baseados no protocolo SMBus. Iremos apenas falar sobre o sistema de via única e sobre o SMBus.

### Sistema de via única

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 cabo único.



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.

### O SMBus



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 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.

Projeto – 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 incluem 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.

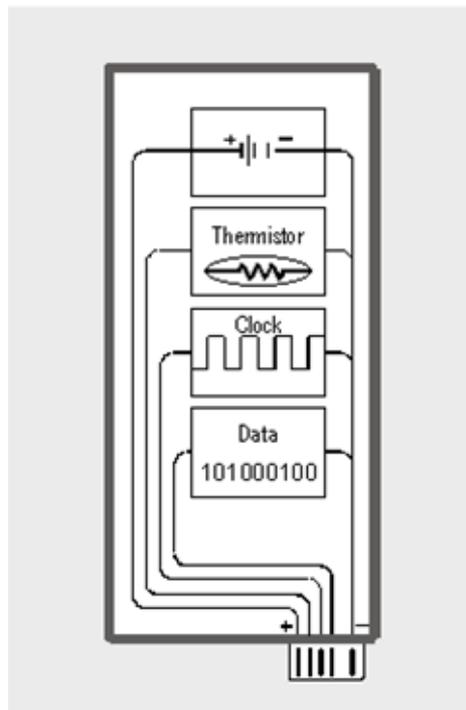
O SMBus é dividido em Nível 1, 2 e 3. O nível 1 tem sido eliminado porque ele não fornece carregamento independente da química. O nível 2 é projetado para o carregamento no circuito interno do laptop. Um laptop que carregue sua bateria dentro da unidade é um típico exemplo de nível 2. Outra aplicação 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.

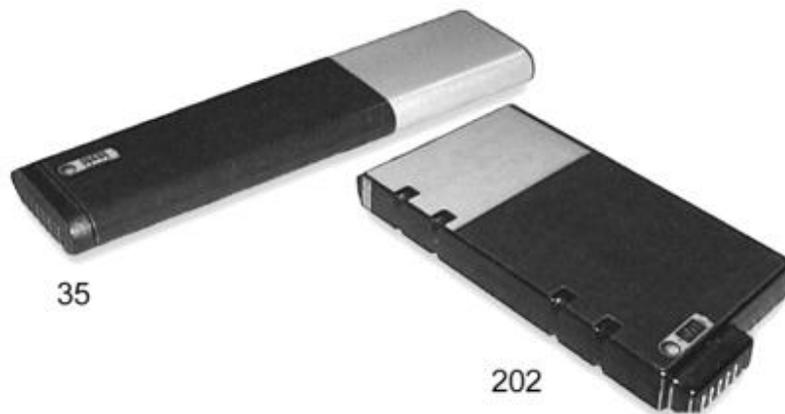
Alguns carregadores mais baratos têm surgido, que acomodam baterias SMBus mas não são totalmente SBS. Fabricantes de baterias SMBus prontamente não aprovam esse atalho. A segurança é sempre uma preocupação, mas os clientes compram esses carregadores econômicos por causa do preço mais baixo.

A seguir é mostrado o esquema do sistema SMBus de duas vias.



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.

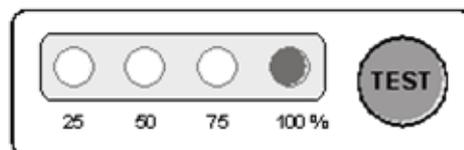
A figura a seguir mostra as baterias inteligentes "35" e "202".



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 ficam permanecem apagadas, conforme figura abaixo:



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.

## **27-O que estraga a bateria definitivamente**

Os problemas não corrigíveis da bateria são aqueles que não podem ser melhorados através de meios externos tal como dar à bateria uma carga completa ou aplicar repetidos ciclos de carga/descarga.



As deficiências que denotam deterioração da bateria são: alta resistência interna, elevada autodescarga, curto elétrico de uma ou várias baterias, perda de eletrólito, oxidação, corrosão e avarias químicas gerais.

Esses efeitos degenerativos não são causados apenas por uso normal e envelhecimento.

O usuário pode ter um equipamento pobre de carregamento, pode operar e armazenar a bateria em temperaturas adversas e, no caso de baterias à base de Níquel, podem não manter a bateria adequadamente.

### Autodescarga

A autodescarga é um fenômeno natural de qualquer bateria. Não é um defeito de fabricação, embora práticas inadequadas de fabricação, manutenção inapropriada e armazenamento pelo consumidor aumentem o problema.

O nível de autodescarga difere em cada química e modelo de bateria. Baterias à base de Níquel de alto desempenho, com a área de superfície de eletrodo aumentada e eletrólitos supercondutores são sujeitos a maiores autodescargas que as baterias padrão com menores densidades de energia. A autodescarga é não linear e é mais alta exatamente após a carga, quando a bateria retém a capacidade total.

Baterias de NiCd e NiMH exibem um alto nível de autodescarga. Se deixada na prateleira, uma nova bateria de NiCd perde aproximadamente 10% da sua capacidade nas primeiras 24 horas após ter sido removida do carregador. A taxa de autodescarga se fixa em 10% por mês mais tarde. A uma temperatura mais elevada, a taxa de autodescarga dobra a cada aumento de 10°C (18°F). A autodescarga de uma NiMH é aproximadamente 30% maior que a de NiCd.

O principal contribuidor para autodescarga em baterias de Níquel e à base de Lítio é uma alta contagem de ciclo e/ou idade avançada. Com ciclos aumentados, as placas da bateria tendem a se inchar. Uma vez aumentadas, as placas pressionam mais firmemente contra o delicado separador, resultando em uma autodescarga aumentada. Isso é comum no envelhecimento de baterias de NiCd e NiMH, mas pode também ser visto em sistemas de Chumbo Ácido.

Carregar materiais menos ativos nas placas pode reduzir o inchaço da placa nas baterias à base de Níquel. Isso melhora a expansão e contração enquanto carregando e descarregando. Além disso, a característica de carga é aumentada e o ciclo de vida é prolongado.



A autodescarga da bateria de Lítio-Íon é 5% nas primeiras 24 horas após a carga e em média 1 a 2% por mês depois disso. Alta contagem de ciclo e envelhecimento têm pouco efeito na autodescarga em baterias à base de Lítio.

Uma bateria selada de Chumbo-Ácido se autodescarrega a uma taxa de apenas 5% por mês ou 50% por ano. Repetidos ciclos profundos aumentam a autodescarga. Ao se dar ciclos profundos, o eletrólito é arrastado para dentro do separador, resultando em uma formação cristalina similar à de uma bateria de NiCd.

A autodescarga de uma bateria é mais bem medida com um analisador de bateria.

O procedimento se inicia carregando a bateria. A capacidade é lida aplicando-se uma descarga controlada. A bateria é então recarregada e colocada na prateleira por 24 horas, após o que a capacidade é medida novamente. A discrepância entre as leituras de capacidade revela o nível de autodescarga.

Medidas de autodescarga mais precisas podem ser obtidas permitindo-se que a bateria descanse pelo menos 72 horas antes de efetuar a leitura. O período de descanso maior compensa a relativamente elevada autodescarga imediatamente após a carga. A 72 horas, a autodescarga deve estar entre 15 e 20%. As mais uniformes leituras de autodescarga são obtidas após 7 dias. Em alguns analisadores de bateria, o usuário pode escolher ajustar os períodos de descansos desejados em que a autodescarga será medida.

Pesquisas estão sendo conduzidas para encontrar uma maneira de se medir a autodescarga de uma bateria em minutos, se não em segundos. A precisão e a repetibilidade de tal tecnologia são ainda desconhecidos. O desafio é encontrar uma fórmula que aplique em todas as baterias principais e que inclua as químicas comuns.

### Má combinação da bateria

A má combinação das baterias pode ser encontrada tanto em conjuntos novíssimos quando em conjuntos envelhecidos.

Um pobre controle de qualidade no nível de fabricação da bateria e combinação inadequada das baterias quando se montam conjuntos de baterias, causam conjuntos de baterias desequilibrados.

Uma bateria fraca armazena menos capacidade e é descarregada mais rapidamente que uma bateria forte. Esse desbalanceamento causa reversão da bateria em uma célula fraca se a bateria for descarregada abaixo de 1 Volt/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 situações, a bateria fraca está em desvantagem, tornando-a mais fraca e contribuindo para uma condição mais aguda de má combinação da bateria.

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 falha prematura e a conseqüente reposição são mais custosas 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 em unissonância 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 é monitorada eletronicamente para garantir a apropriada combinação das baterias. Um circuito eletrônico é adicionado em alguns conjuntos que compensam as diferenças nas tensões da bateria.

A bateria de Lítio-Íon é controlada abaixo do nível da célula para garantir segurança a toda hora. Pelo fato dessa química ainda ser relativamente nova e imprevisível sob condições extremas, os fabricantes não querem correr riscos indevidos. Essa química é considerada muito segura, considerando o grande número de baterias de Lítio-Íon que estão em uso.

### Baterias em curto



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. 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 miliamperes 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 alta corrente em uma tentativa de reparar baterias em curto tem tido sucesso. O curto pode desaparecer temporariamente, mas o dano ao material do separador permanece. A bateria reparada, geralmente exibe uma autodescarga elevada e o curto freqüentemente retorna.

Substituir uma bateria em curto 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 pode ocorrer. Tentativas de substituir baterias defeituosas têm comumente conduzido a falhas de bateria após aproximadamente 6 meses de uso. 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 em uma bateria de Lítio-Íon são incomuns. Circuitos de proteção monitoram uma bateria de Lítio-Íon "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.

### Perda de eletrólito



Embora selada, as células da bateria podem perder um pouco de eletrólito durante sua vida. Perda típica de umidade ocorre se o lacre abre devido à pressão excessiva. Isso ocorre se a bateria for carregada em temperaturas muito baixas ou muito altas.

Uma vez aberto, o lacre das baterias à base de Níquel pode nunca mais fechar adequadamente, resultando em um depósito de pó branco em volta da abertura do lacre. Perdas podem também ocorrer se a capa 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 Lítio-Íon corretamente carregada, e adequadamente projetada nunca deve gerar gases. Como resultado, a bateria de Lítio-Íon 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. Provisões são feitas para manter a segurança da bateria e do equipamento 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.

## **28-Cuidados com as baterias**

### Armazenamento

As baterias são produtos perecíveis e começam a se deteriorar exatamente na hora em que elas deixam a fábrica. Por essa razão, não é aconselhável estocar baterias para uso futuro. Isso é especialmente verdade com baterias à base de Lítio. O comprador deve também estar ciente da data de fabricação. Evite adquirir estoque velho.

Mantenha as baterias em um local fresco e em uma área de armazenamento seca. Refrigeradores são recomendados, mas congeladores devem ser evitados porque



a maioria das químicas das baterias não é adequada para armazenamento em temperaturas abaixo do ponto de congelamento. Quando refrigerada, a bateria deve ser colocada em uma mala plástica para protegê-la contra condensação.

A bateria de NiCd pode ser armazenada não vigiada por 5 anos ou mais. Para melhores resultados, uma bateria de NiCd deve ser completamente carregada, depois descarregada para 0 volts. Se esse procedimento for impraticável, uma descarga para 1 V/célula é aceitável. Uma bateria de NiCd completamente carregada deixada em autodescarga durante o armazenamento, está sujeita à formação cristalina (memória).

A maioria das baterias é enviada com um estado de carga de 40%. Após seis meses de armazenagem ou mais, uma bateria à base de Níquel precisa ser carregada antes do uso. Uma carga lenta, seguida por um ou vários ciclos de carga/descarga, são necessários. Dependendo da duração do armazenamento e temperatura, a bateria pode requerer dois ou mais ciclos para readquir desempenho total. Quanto maior a temperatura de armazenamento, mais ciclos serão necessários.

A bateria de Lítio-Íon não gosta de armazenamento prolongado. Perda de capacidade irreversível ocorre após 6 a 12 meses, especialmente se a bateria for armazenada completamente cheia e em temperaturas mornas.

Freqüentemente é necessário manter a bateria completamente carregada como no caso de resposta de emergência, segurança pública e defesa. Usar um laptop (ou algum outro dispositivo portátil) continuamente em uma fonte de energia externa com a bateria acoplada terá o mesmo efeito. A figura a seguir mostra a capacidade recuperável após armazenamento em diferentes níveis de carga e temperaturas.

Temperatura	Nível de carga de 40% (nível recomendado de carga de armazenamento)	Nível de carga de 100% (nível típico de carga do usuário)
0°C	98% após 1 ano	94% após 1 ano
25°C	96% após 1 ano	80% após 1 ano
40°C	85% após 1 ano	65% após 1 ano
60°C	75% após 1 ano	60% após 3 meses

A combinação de uma condição de carga completa e alta temperatura não pode sempre ser evitada. Tal é o caso ao se manter uma bateria sobressalente no carro para um telefone móvel. As químicas de NiMH e Lítio-Íon são as mais severamente afetadas por armazenamento quente e operação. Entre a família de Lítio-Íon, o



cobalto tem uma vantagem sobre o manganês em termos de armazenamento em temperaturas elevadas.

A temperatura recomendada de armazenamento de uma bateria à base de Lítio é de 15°C (59°F) ou menos. Um nível de carga de 40% permite alguma autodescarga que naturalmente ocorre; e 15°C é uma temperatura prática e econômica de armazenamento, que pode ser alcançada sem caros sistemas de controle.

Enquanto a maioria das baterias recarregáveis não pode ser armazenada em temperaturas de congelamento, algumas baterias comerciais de Lítio-Íon mais novas podem ser mantidas a temperaturas de -40°C sem aparentes efeitos colaterais.

A bateria selada de Chumbo-Ácido pode ser armazenada por um ou dois anos, mas deve ser mantida em uma condição carregada.

Uma carga periódica de pico é exigida, para prevenir que a tensão aberta da bateria caia para menos de 2,10 Volts.

Dependendo do fabricante, algumas baterias de Chumbo-Ácido podem ser permitidas a cair para níveis de tensão mais baixos.

Quando autodescarregada abaixo de um limiar de tensão crítico ocorre sulfatação na maioria das baterias de Chumbo-Ácido. A sulfatação é uma camada de oxidação na placa negativa que altera as características de carga e descarga. Embora a ciclagem possa geralmente restaurar a perda de capacidade, a bateria deve ser recarregada antes que a tensão aberta da bateria caia abaixo de 2,10 Volts.

A bateria selada de Chumbo-Ácido não pode ser armazenada abaixo das temperaturas de congelamento. Uma vez que o conjunto tenha sido congelado, ele é permanentemente danificado e a sua vida de serviço é drasticamente reduzido. Uma bateria previamente congelada apenas será capaz de entregar um número limitado de ciclos.

### Preparação

Algumas baterias à base de Níquel não funcionam bem quando novas. Essa deficiência é freqüentemente causada pela falta de formatação na hora da fabricação. Baterias que não são suficientemente formatadas são destinadas à falha porque a capacidade inicial é baixa. O potencial completo é apenas alcançado depois da bateria ter sido carregada e descarregada algumas vezes. Em muitos casos, o usuário não tem a paciência de esperar até que o desempenho esperado seja alcançado. Ao invés, o cliente se utiliza do serviço de garantia.



O momento mais crítico da vida de uma bateria é o chamado estágio de preparação. Uma analogia pode ser feita "domando-se" um novo motor de carro. O desempenho e eficiência de combustível pode não ser o melhor no começo, mas com cuidado e atenção o motor irá melhorar com o tempo. Se superestressado quando novo, o motor pode nunca fornecer o serviço econômico e seguro que é esperado.

Sabe-se que algumas baterias formatadas inadequadamente, produzem menos que 10% da capacidade no estágio inicial de preparação. Por ciclagem, a capacidade aumenta, e a bateria se tornará utilizável após 3 a 5 ciclos. Máximo desempenho em uma bateria de NiCd, por exemplo, é alcançado após 50 a 100 ciclos completos de carga/descarga. Essa função de preparação ocorre enquanto a bateria está sendo usada.

Baterias de qualidade dos principais fabricantes japoneses não precisam de preparação estendida e podem ser usadas quase imediatamente. Após cinco ciclos completos, o desempenho é previsível e completamente repetitivo.

O procedimento de preparação recomendado pelo fabricante deve ser seguido. Em muitos casos, uma carga pulsante de 24 horas é necessária. Verificar o desempenho com um analisador de bateria é aconselhável, especialmente se as baterias são usadas para aplicações críticas.

Baterias de Lítio-Íon necessitam de menos preparação que as equivalentes à base de Níquel. Fabricantes de baterias de Lítio-Íon insistem que a preparação não é um requerimento. A função de preparação nas baterias de Lítio-íon pode ser usada para verificar que a bateria está completamente funcional e produz a capacidade exigida.

O circuito de proteção interno de baterias à base de Lítio pode ser a causa de alguns problemas. Por razões de segurança, muitas dessas baterias não permitem recarga se a bateria for descarregada abaixo de 2,5 Volts por célula. Se descarregada perto de 2,5 Volts e a bateria não for recarregada por um tempo, a autodescarga, futuramente descarrega o conjunto abaixo do nível de 2,5 Volts.

Se, nesta hora a bateria for colocada no carregador, ela pode não ser recarregada.

A bateria parece ter um circuito aberto e o usuário conseqüentemente exige substituição.

### Garantia da bateria

Normalmente a garantia oferecida no mercado brasileiro é de 6 meses.



Com falta de padrões de bateria, alguns fornecedores inescrupulosos estão livres para desafiar reivindicações de garantia, até mesmo se um problema genuíno existir.

Muitas baterias revelam apenas a química e a tensão no rótulo e não fazem referência à taxa de corrente (mAh). Como o usuário sabe qual taxa de capacidade usar quando testar a bateria?

Em conjuntos de baterias que mostram a taxa mAh, alguns fabricantes de baterias podem ter usado a taxa de capacidade de pico. Isso é feito por razões promocionais para fazerem seus conjuntos parecerem ser melhores que os dos competidores.

A capacidade de pico é baseada em uma taxa de descarga mais baixa porque a bateria produz leituras mais altas se descarregada lentamente. Para propósitos de garantia, para baterias de NICD, NIMH ou LI-ION, uma descarga de 0,2C ( 5 horas ) deve ser usada para avaliar a capacidade da bateria. Para baterias seladas, deve-se usar uma descarga de 0,05C (20 horas).

### Reciclagem das baterias

Apesar da ênfase na pesquisa de bateria ter deslocado da NiCd para tecnologias mais novas, a bateria de NiCd continua sendo uma das baterias recarregáveis mais usadas. Mais de 75 milhões de baterias de NiCd foram vendidas nos Estados Unidos durante o ano 2000. Para onde vão as montanhas de baterias quando gastas? A resposta é: Reciclagem

A bateria de Chumbo-Ácido tem conduzido o caminho na reciclagem. Deve se dar crédito à indústria automotiva na organização de maneiras de descarte de baterias de carro gastas. Nos Estados Unidos, 98% de todas as baterias de Chumbo-Ácido são recicladas. Comparado a latas de alumínio (65%), jornal (59%) e garrafas de vidro (37%), as baterias de chumbo-ácido são recuperadas muito eficientemente, devido em parte à legislação.

Apenas 1 em 6 famílias na América do Norte reciclam baterias recarregáveis. Ensinar o público a trazer essas baterias para um centro de reciclagem é uma tarefa desafiadora. Proprietários de casas têm a menor taxa de retorno, mas isso deve ser melhorado uma vez que mais locais de reciclagem se tornam disponíveis e a consciência ambiental é mais bem enfatizada.



O descuidado descarte da bateria de NiCd é muito perigoso ao ambiente. Nossos oceanos já estão começando a mostrar traços de cádmio (junto com aspirina, penicilina e antidepressivos), mas a fonte da contaminação é desconhecida.

Embora as baterias de NiMH sejam consideradas ambientalmente amigáveis, essa química está também sendo reciclada. O principal derivado é o Níquel, que é considerado semitóxico. A bateria de NiMH também contém um eletrólito que, em grandes quantidades, é perigoso ao ambiente.

Se nenhum serviço de descarte estiver disponível em uma área, baterias individuais de NiMH podem ser descartadas junto com outros desperdícios domésticos.

As baterias de Lítio não contêm metais tóxicos, contudo, existe a possibilidade de fogo se Lítio metálico for exposto à umidade enquanto as células estão se corroendo. A maioria das baterias de Lítio são não-recarregáveis e são usadas por organizações de defesa. Para descarte apropriado, essas baterias devem ser completamente descarregadas a fim de consumirem todo o Lítio metálico. As baterias de Lítio-Íon não contêm Lítio metálico e o problema de descarte não existe. A maioria dos sistemas de Lítio, contudo, contém eletrólito tóxico e inflamável.

As plantas de reciclagem de baterias requerem que as mesmas sejam separadas de acordo com a química. NiCd, NiMH, Lítio-Íon e Chumbo-Ácido são freqüentemente colocadas em caixas designadas no ponto de coleta.

Separar baterias adiciona custo de reciclagem. A média dos consumidores não sabe qual química das baterias está sendo usada. Para a maioria, uma bateria é uma bateria. A logística de coleta, transporte e trabalho para separar as baterias tornam a reciclagem cara.

O processo de reciclagem se inicia pela remoção do material combustível, tal como plástico e isolante usando um gás disparado por um oxidante térmico. Os gases do oxidante térmico são enviados para o purificador da planta onde são neutralizados para remover os poluentes. O processo deixa as baterias limpas e "nuas", que contêm um valioso conteúdo de metal. As baterias então são cortadas em pedaços pequenos, que então são aquecidos até que o metal se liquidifique. As substâncias não metálicas são removidas com o calor. As diferentes ligas se combinam de acordo com seus pesos.

O Cádmio é relativamente leve e se vaporiza facilmente em elevadas temperaturas. Em um processo que se parece com uma panela fervendo, um ventilador sopra o vapor de Cádmio para dentro de um grande tubo, que é



resfriado com uma névoa de água. Isso faz com que o vapor se condense. Um nível de pureza de 99,95% de Cádmio pode ser alcançado usando esse método.

Os atuais métodos de reciclagem de bateria requerem uma alta quantidade de energia. Isso leva de 6 a 10 vezes a quantidade de energia para recuperar metais de baterias recicladas do que através de outros meios. Um novo processo está sendo explorado, o qual pode ser mais eficaz no custo e na energia. Um método é dissolver as baterias com uma solução reagente. O reagente gasto é reciclado sem formar quaisquer perdas sólidas, líquidas ou atmosféricas.

Quem paga pela reciclagem das baterias? Países participantes impuseram suas próprias regras para tornar a reciclagem praticável. Na América do Norte, algumas plantas faturam por peso. As taxas variam de acordo com a química.

Sistemas que produzem altas taxas de recuperação de metais têm o preço mais baixo que aqueles que produzem metais menos valiosos. A taxa de reciclagem da bateria de NiCd é muito alta porque a demanda de Cádmio é baixa. O custo de reciclagem de uma bateria alcalina é 33% menor que a de NiCd, porque a bateria alcalina contém ferro valioso. A bateria de NiMH produz o melhor retorno. Reciclar NiMH produz Níquel suficiente para pagar o processo.

Nem todos os países baseiam o custo de reciclagem pela química da bateria; alguns se baseiam apenas em tonelagem. O custo de se reciclar baterias é de aproximadamente 1000 a 2000 dólares por tonelada. A Europa espera alcançar um custo por tonelada de 300 dólares. Idealmente, isso incluiria transporte, contudo, movendo-se a mercadoria, é esperado dobrar o custo total. Por essa razão, a Europa construiu diversos locais menores de processamento em posições geográficas estratégicas.

Subsídios significantes são ainda exigidos pelos fabricantes, agências e governos para suportar os programas de reciclagem das baterias. Esses subsídios estão na forma de uma taxa adicionada a cada bateria fabricada.

**Cuidado:** Sob nenhuma circunstância as baterias devem ser incineradas, o que poderá fazer com que elas explodam.

**Importante:** Em caso de ruptura, eletrólito vazando ou qualquer outra causa de exposição ao eletrólito, jogue água imediatamente. Se ocorrer exposição aos olhos, molhe-os com água por 15 minutos e consulte um médico imediatamente.

### **Respeite a Vida. Proteja o Meio Ambiente.**

A S.T.A. oferece ao seus clientes o recebimento de baterias seladas e baterias NiCd em fim de vida útil para serem recicladas.

## **29-Qual a melhor bateria para telefones celulares?**

Quando compra uma bateria de reposição, geralmente o comprador tem a escolha de diferentes químicas de baterias. Baterias de Lítio-Íon e Lítio-Íon-Polímero são usadas em telefones novos. Ao passo que as de NiMH e NiCd são encontradas em modelos mais antigos. Se o comprador tem a escolha, o vendedor pode recomendar a um cliente a usar a bateria com a maior taxa de capacidade e ficar afastado da bateria de NiCd por causa do efeito memória. O cliente pode decidir pela "linha-fina" de NiMH porque ela oferece relativamente alta capacidade em uma pequena embalagem e é razoavelmente barata.

Aparentemente uma sábia escolha, uma análise nesse capítulo revela que outras químicas podem ter servido melhor. A bateria de NiMH oferece bons valores de preço, mas não apresenta a vida de ciclo esperada. Embora excelente quando nova, a performance da bateria de NiMH se acaba rapidamente após 300 ciclos, devido à capacidade diminuída e aumento da resistência interna.

Em comparação, a bateria de Lítio-Íon pode ser usada por aproximadamente 500 ciclos. A melhor contagem de ciclo é alcançada com as baterias de NiCd.

Adequadamente operadas, as baterias de NiCd fornecem acima de 1000 ciclos e a resistência interna permanece baixa. Contudo, a de NiCd oferece aproximadamente 30% menos capacidade que as de NiMH. Além disso, a bateria de NiCd está sendo removida do mercado de telefones celulares por causa dos interesses ambientais.

Mudar para baterias "amigáveis ao ambiente" é apropriado, especialmente no mercado de telefonia celular onde a bateria de NiMH funciona razoavelmente bem e pode ser econômica. A questão de descarte de bateria é difícil de ser controlada, particularmente nas mãos de um grupo diverso de usuários.

As baterias de NiMH e NiCd são consideradas baterias de alta manutenção, que requer ciclos de descarga regulares para prevenir o que é atribuído de 'memória'. Embora a bateria de NiMH tenha sido originalmente anunciada como sendo livre de memória, tanto a de NiMH quanto a de NiCd são afetadas pelo fenômeno. A perda de capacidade é causada pela formação cristalina que é gerada pela placa positiva de Níquel, um metal compartilhado por ambos os sistemas.

Baterias à base de Níquel, especialmente as de NiCd, devem ser completamente descarregadas uma vez por mês. Se tal manutenção for omitida por 4 meses ou mais, a capacidade cai.



Não é recomendado descarregar uma bateria antes de cada carga porque isso desgasta a bateria desnecessariamente e encurta a vida útil. Também, não é aconselhável deixar uma bateria no carregador por um longo intervalo de tempo. Quando não estiver em uso, a bateria deve ser colocada em uma prateleira e carregada antes do uso. Sempre armazene a bateria em um lugar fresco.

A bateria de Lítio-Íon é a melhor escolha? Sim, para muitas aplicações. A bateria de Lítio-Íon é uma bateria de baixa manutenção que oferece alta energia, é leve e não requer descargas completas periódicas. Nenhuma carga pulsante é aplicada até que a bateria alcance carga completa. A bateria de Lítio-Íon pode ficar na maioria dos carregadores até ser usada. O processo de carga de uma bateria de Lítio-Íon é, em muitas maneiras, mais simples que as baterias à base de Níquel, mas requer tolerâncias mais estreitas. Inserção repetida no carregador não afeta a bateria por induzir sobrecarga.

No lado negativo, a bateria de Lítio-Íon gradualmente perde aceitação de carga em razão do envelhecimento, até se não usada. Por essa razão, as baterias de Lítio-Íon não devem ser armazenadas por longos intervalos de tempo, mas serem "rodadas" como comida perecível. O comprador deve estar ciente da data de fabricação quando comprar uma bateria de reposição.

A bateria de Lítio-Íon é a mais econômica para aqueles que usam telefone móvel diariamente. Até 1000 ciclos de carga/descarga podem ser esperados se usados dentro do esperado tempo de serviço de aproximadamente 2 a 3 anos.

Por causa do efeito de envelhecimento, a bateria de Lítio-Íon não fornece uma solução econômica para o usuário ocasional. Se a bateria de Lítio-Íon for a única escolha e o equipamento for raramente usado, a bateria deve ser removida do equipamento e armazenada em um local fresco, preferivelmente apenas parcialmente carregada.

Até agora, pouco é conhecido sobre a expectativa de vida da bateria de Lítio-Íon-Polímero. Por causa das similaridades com a de Li-Íon, a performance a longo prazo de ambos sistemas é esperada ser similar. Muito esforço está sendo feito para prolongar o tempo de serviço dos sistemas à base de Lítio. Novos aditivos químicos têm sido eficazes em retardar o processo de envelhecimento.

### **30- Qual a melhor bateria para rádios de comunicação em duas vias?**

A maioria do mercado de rádios de comunicação em duas vias usa baterias de NiCd. Nos últimos poucos anos, as agências ambientais têm tentado desanimar o uso da bateria de NiCd, especialmente na Europa. Tentou-se e testou-se o uso das baterias de NiMH em rádios de duas vias por um número de anos mas os



resultados são ambíguos. Menor ciclo de vida comparado ao de NiCd é a principal inconveniência.

A bateria de NiMH é menos robusta que a de NiCd e tem uma expectativa de vida de ciclo que é metade ou um terço da de NiCd padrão. Além disso, NiMH prefere uma corrente de descarga moderada de 0,5 C ou menos. Um rádio em duas vias, por outro lado, extrai uma corrente de descarga de aproximadamente 1,5 A quando transmite a 4 Watts.

A bateria de NiCd tem a vantagem de manter uma baixa e firme resistência interna durante a maioria do tempo de serviço. Embora baixa quando nova, a bateria de NiMH aumenta a resistência com a contagem de ciclo avançada.

Uma bateria com alta resistência interna faz com que a tensão caia quando uma carga é aplicada. Apesar de alguma energia poder ainda estar presente, a bateria não pode entregar o alto fluxo de corrente requisitado durante o modo de transmissão. Isso resulta em uma queda na tensão, que indica a condição de "bateria fraca" e o rádio se interrompe. Isso acontece na maioria das vezes durante a transmissão.

A bateria de lítio-Íon tem sido testada para ser usada em rádios de duas vias, mas não tem sido capaz de fornecer a resposta definitiva.

### **31-Qual a melhor bateria para "laptops"?**

Baterias para laptops têm um único desafio porque elas devem ser pequenas e leves. De fato, a bateria de laptop deve estar invisível para o usuário e entregar energia suficiente para durar um voo de 5 horas entre Toronto e Vancouver. Na realidade, uma típica bateria de laptop fornece apenas aproximadamente 90 minutos de serviço.

Fabricantes de computadores estão hesitantes em adicionar uma bateria maior por causa do tamanho e peso. Um exame recente indicou que, dada uma opção de tamanho maior e mais pesada para obter maiores tempos de vida, a maioria dos usuários decidiria pela que está sendo oferecido hoje em dia.

Durante os últimos poucos anos, as baterias têm melhorado em termos de densidade de energia. Qualquer benefício para melhorar a performance da bateria, contudo, está sendo consumido pelas maiores exigências de energia para os laptops.



A duração de tempo que a bateria pode ser usada irá diminuir à medida que a bateria envelhece. Uma bateria residindo em um laptop envelhece mais rapidamente que quando usada em outras aplicações.

Após um aquecimento, a temperatura de operação oficial dentro de um laptop é 45°C (113°F). Tal temperatura ambiente alta diminui drasticamente a expectativa de vida da bateria. A uma temperatura de 45° C, por exemplo, a expectativa de vida de uma bateria de NiMH é menor que 50% comparado quando utilizada à temperatura ideal de 20°C (68°F).

A essa alta temperatura ambiente, o efeito de desgaste da bateria é primeiramente governado por temperatura ao contrário do ciclo de contagem. A situação é piorada pelo fato de que a bateria se encontra em um alto estado de carga na maioria do tempo. A combinação de calor e alto estado de carga promove oxidação da célula, uma condição que não pode ser revertida, uma vez atingida.

Uma bateria de Lítio-Íon completamente carregada que é armazenada a 45° C sofre uma perda de capacidade de 100% para aproximadamente 70% em poucos 6 meses. Se essa condição persistir, a capacidade se degradará para 50% em 12 meses. Na realidade, a bateria em um laptop é exposta a temperaturas elevadas apenas durante o uso e a bateria está em um estado de carga completo apenas parte do tempo. Mas deixar o laptop em um carro estacionado sob o sol quente irá agravar a situação.

Alguns fabricantes japoneses de computadores introduziram o "sub-notebook" em que a bateria é montada externamente, formando parte da articulação. Esse projeto melhora a vida da bateria porque a bateria é mantida a uma "temperatura de sala". Alguns modelos contêm diversos tamanhos de baterias para acomodar diferentes padrões de usuários.

Qual é então a melhor bateria para um laptop? As escolhas são limitadas. A bateria de NiCd tem virtualmente desaparecido do cenário da computação móvel, pavimentando o caminho para a de Lítio-Íon. Eventualmente, geometrias muito finas irão também exigir baterias mais finas, e isso é possível com a bateria prismática de Lítio-Íon-Polímero.

Além de fornecer performance confiável para uso portátil geral, a bateria de Lítio-Íon também oferece serviço superior para usuários de laptop que devem continuamente mudar de energia fixa (tomada elétrica) para uso com bateria, como é o caso de muitas pessoas de vendas. Muitas aplicações biomédicas e industriais também seguem esse padrão. Aqui está a razão do porquê tal uso pode ser duro em algumas baterias:



Em um sistema de carga à base de Níquel, exceto os inteligentes, o carregador aplica uma carga completa cada vez que o dispositivo portátil for conectado à tomada elétrica. Em muitos casos, a bateria já está completamente carregada e as células vão quase imediatamente para sobrecarga. A bateria se esquentar, apenas para ser detectada por um controle térmico de carga lento, que finalmente termina a carga rápida. Perda permanente de capacidade causada por sobrecarga à temperatura elevada é o resultado.

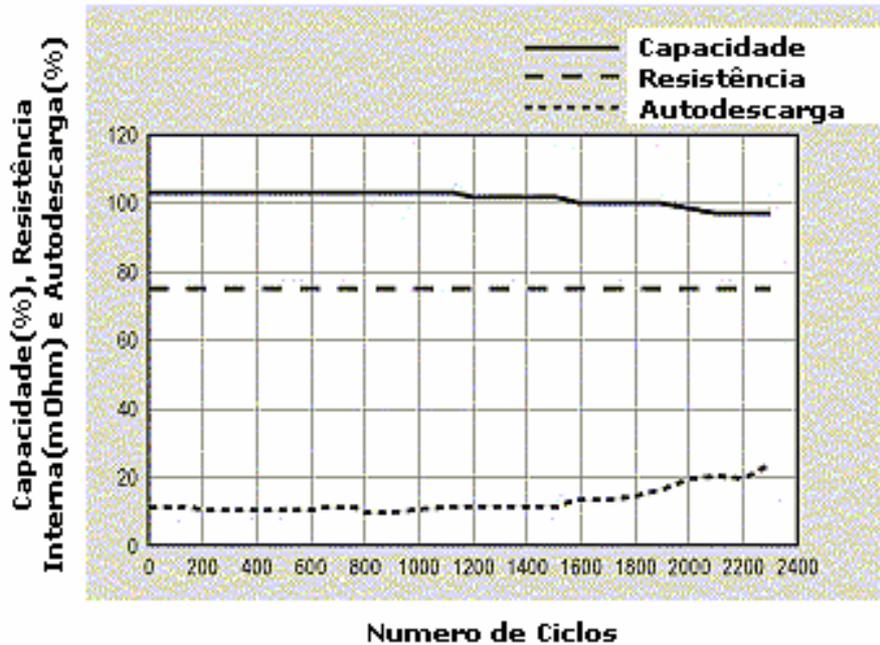
Entre as baterias à base de Níquel, a de NiMH é a menos capaz de tolerar uma recarga no topo de uma carga. Adicionando temperaturas ambientes elevadas às irregularidades de carga, uma bateria de NiMH pode se tornar inoperável em poucos 6 meses. Em casos mais severos, sabe-se que as de NiMH duram apenas de 2 a 3 meses.

Se uma bateria carregada de Lítio-Íon for colocada para ser carregada, nenhuma corrente de carga será aplicada. A bateria apenas recebe uma recarga uma vez que a tensão terminal tenha caído a um limiar ajustado. Nem existe recarga se o dispositivo é conectado à tomada elétrica por longos períodos de tempo. Nenhuma sobrecarga pode ocorrer e não existe 'memória' para se preocupar.

A bateria de NiMH é a escolha preferida para um usuário que utilize o laptop na maioria das vezes pela tomada elétrica e que remove a bateria quando não é necessário. Desta maneira, a bateria é utilizada apenas quando o dispositivo é usado no modo portátil. A bateria de NiMH pode assim ser mantida descansada. A bateria de NiMH dura bem se mantida em local fresco e apenas carregada parcialmente.

### **32-Selecionando uma bateria durável**

A bateria de NiCd – Em termos de ciclo de vida, a padrão NiCd é a bateria mais durável. Na figura a seguir examina-se a capacidade, resistência interna e auto-descarga de uma bateria de NiCd de 7,2 Volts, 900mA com células padrão. Devido à restrição de tempo, o teste foi terminado depois de 2300 ciclos.



Durante esse período, a capacidade se manteve firme, a resistência interna permaneceu em 75mΩ e a auto-descarga permaneceu estável.

Essa bateria recebe um grau "A" pela performance quase perfeita.

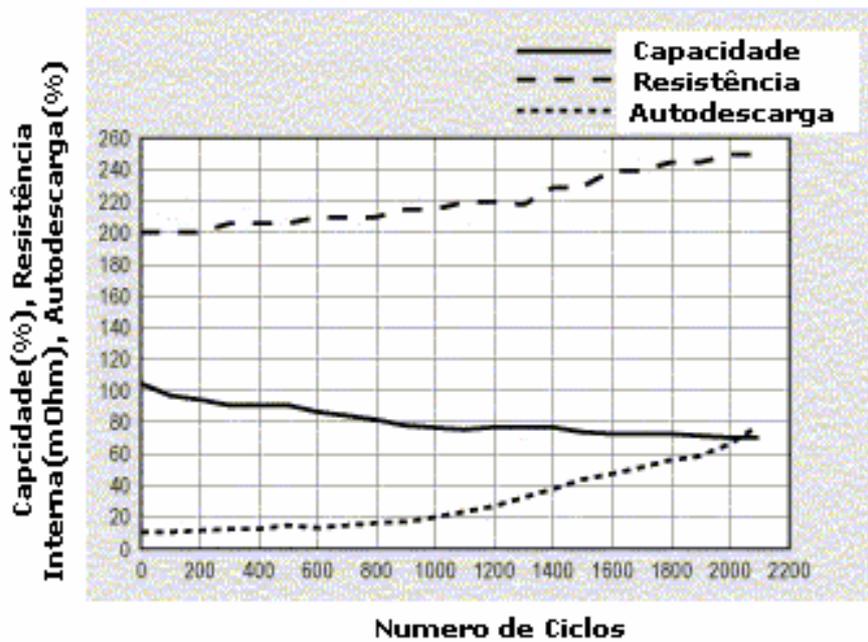
As leituras em uma NiCd de super-alta capacidade são menos favoráveis mas ainda melhor que as outras químicas em termos de resistência.

Embora até 60% maior em densidade de energia comparado à versão padrão de NiCd, a figura a seguir mostra a bateria de NiCd de super-alta capacidade gradualmente perdendo capacidade durante 2000 ciclos entregues.

Ao mesmo tempo, a resistência interna aumenta ligeiramente.

Uma degradação mais séria é o aumento da auto-descarga depois após 1000 ciclos.

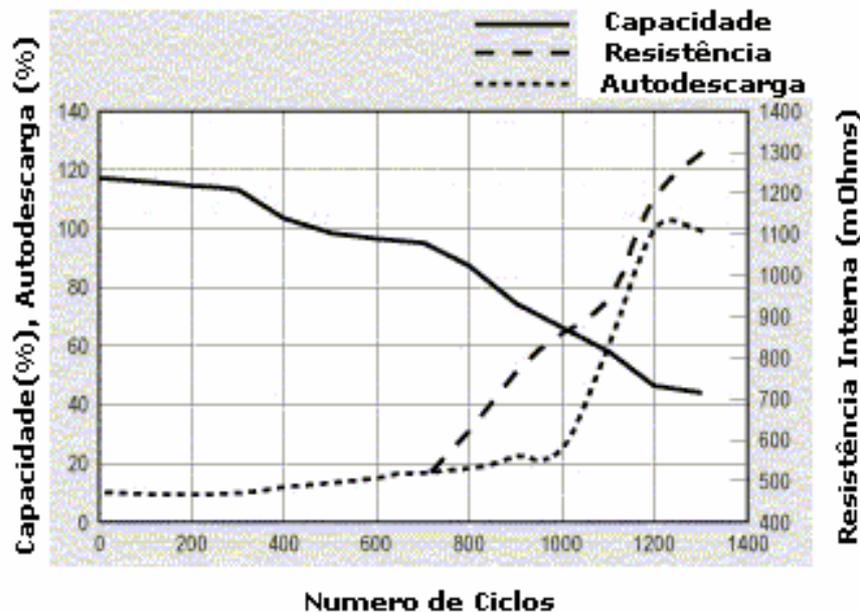
Essa deficiência se manifesta em menores tempos de vida porque a bateria consome alguma energia própria, mesmo se não estiver em uso.



A bateria de NiMH – A figura a seguir examina a bateria de NiMH, uma bateria que oferece alta densidade de energia a um razoável baixo custo.

A princípio observamos boa performance mas passada a marca de 300 ciclos, a performance começa a cair rapidamente.

Qualquer um pode detectar um rápido aumento na resistência interna e auto-descarga depois de 700 ciclos.



A bateria de Lítio-Íon – A bateria de Lítio-Íon oferece vantagens que nem a bateria de NiCd e nem a de NiMH pode oferecer.

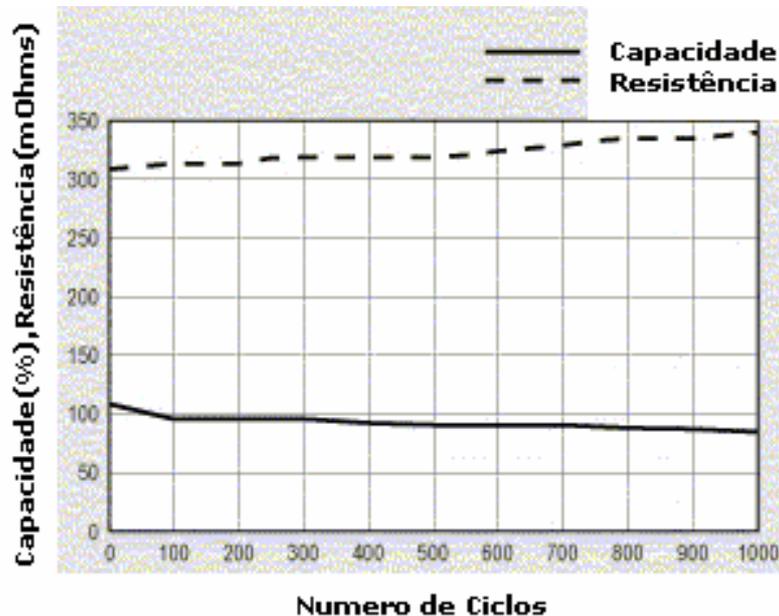
Na figura a seguir nós examinamos a capacidade e resistência interna de uma bateria de Lítio-Íon típica. Uma suave queda de capacidade é observada acima de 100 ciclos e a resistência interna aumenta apenas ligeiramente. Por causa de baixas leituras, a auto-descarga foi omitida deste teste.

O desempenho melhor do que o esperado dessa bateria de teste pode ser devido ao fato de que o teste não inclui o envelhecimento. O teste de laboratório foi completado em aproximadamente 200 dias.

Um usuário ocupado pode carregar a bateria uma vez a cada 24 horas. Com tal teste padrão do usuário, 500 ciclos representariam perto de 2 anos do uso normal e os efeitos do envelhecimento se tornariam aparentes.

Fabricantes de baterias comerciais de Lítio-Íon especificam uma contagem de ciclo de 500.

Nesse estágio, a capacidade da bateria cairia de 100 para 80%. Se operar a 40°C (104°F) ao invés de operar a uma "temperatura de sala", a mesma bateria entregaria apenas aproximadamente 300 ciclos.



Cada vez mais, dispositivos de comunicação móveis estão movendo de recursos de voz para recursos multimídia que permite mandar e receber dados, fotos e até vídeo.

Tais transmissões se adicionam à largura de faixa, que requerem várias vezes a energia da bateria comparado ao recurso que contém apenas voz.

Uma das exigências urgentes de uma bateria para aplicações digitais: baixa resistência interna.

Medida em miliohms ( $m\Omega$ ), a resistência interna é que determina o tempo de vida.

Quanto menor a resistência, menos restrição a bateria encontra para entregar os picos de energia necessários.

Uma alta leitura de  $m\Omega$  pode indicar uma indicação prematura de 'bateria fraca' em uma bateria aparentemente boa porque a energia disponível não pode ser entregue em uma maneira apropriada.

A figura a seguir examina os principais sistemas de telefonia móvel e compara poder de pico e exigências de corrente de pico.

Esses sistemas são: AMP, GSM, TDMA e CDMA.

	AMP	GSM	TDMA	CDMA
Tipo	Analógico	Digital	Digital	Digital
Usado em	EUA, Canadá	Global	EUA, Canadá	EUA, Canadá
Poder de pico	0.6W	1-2W	0.6-1W	0.2W
Corrente de pico	0.3 A	1-2.5A	0.8-1.5A	0.7A
Em serviço desde	1985	1986	1992	1995

### **33- Porquê baterias que parecem boas falham em equipamentos digitais?**

Técnicos de serviço têm estado confusos pelo aparentemente imprevisível comportamento da bateria quando alimentando um equipamento digital.

Com a troca de dispositivos de comunicação sem fio do analógico para o digital, particularmente telefones móveis, uma bateria que funcione bem em um dispositivo analógico pode mostrar comportamento irracional quando usado em um equipamento digital.

Testar essas baterias com um analisador de baterias produz leituras normais de capacidade.

Porquê então algumas baterias falham prematuramente em dispositivos digitais, mas não em analógicos?

A exigência de energia total de um telefone móvel digital é menor que aquela de equivalência analógica, contudo, a bateria deve ser capaz de entregar altos pulsos de corrente.

Uma descarga de 1 C de uma bateria avaliada em 500 mAh é 500 mA. Em comparação, uma descarga de 2 C da mesma bateria é 1000 mA.

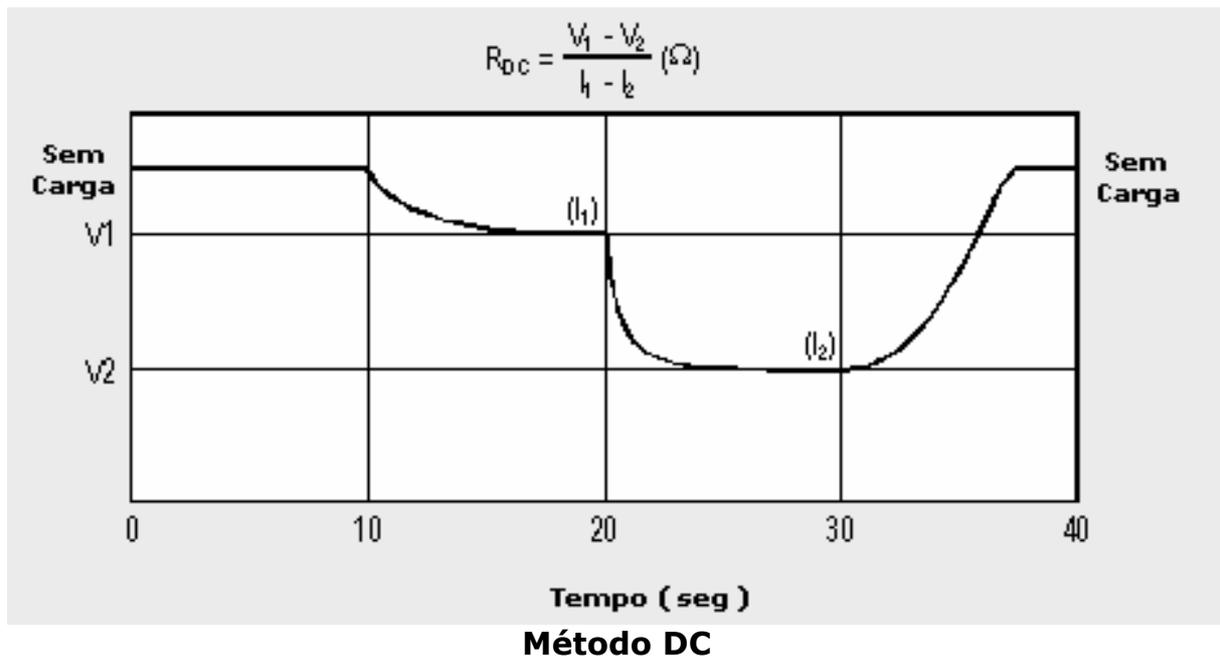
Um telefone GSM alimentado por uma bateria de 500 mA que retira pulsos de 1,5A carrega a bateria com uma enorme descarga de 3 C.

Uma descarga de 3 C é muito boa para uma bateria com uma resistência interna muito baixa.

Contudo, baterias envelhecidas, especialmente químicas de Li-Íon e NiMH, lançam um desafio porque as leituras de  $m\Omega$  dessas baterias aumentam com o uso.

### 34-Como é medida a resistência interna da bateria?

Um número de técnicas é usado para medir a resistência interna da bateria. Um método comum é o teste de carga DC, que aplica uma corrente de descarga para a bateria enquanto mede a queda de tensão. Tensão sobre corrente fornece a resistência interna, conforme figura abaixo:

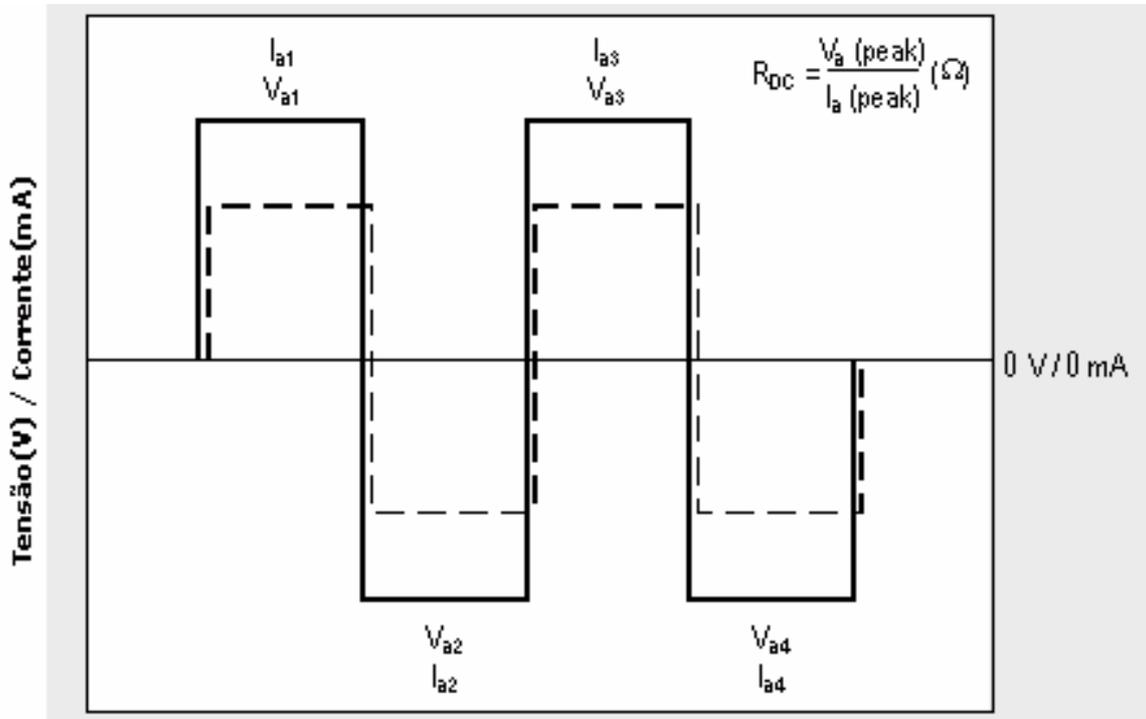


O método AC, também conhecido como o teste de condutividade, mede as características eletroquímicas de uma bateria.

Essa técnica aplica uma corrente alternada entre os terminais da bateria. Dependendo do tipo de fabricante e do tipo da bateria, a frequência varia de 10 a 1000 Hz.

O nível de impedância afeta o deslocamento de fase entre tensão e corrente e revela a condição da bateria.

O método AC funciona melhor em baterias simples. A figura a seguir mostra o deslocamento de fase típico entre tensão e corrente quando uma bateria é testada.



### Método AC

Alguns medidores de resistência AC avaliam somente o fator de carga e se descuidam da informação de deslocamento de fase. Essa técnica é similar ao método DC. A tensão AC que é sobreposta na tensão DC da bateria atua como breves pulsos de carga e descarga. A amplitude da ondulação (Ripple) é utilizada para calcular a resistência interna da bateria.

Medição da impedância, sozinha, não fornece uma conclusão definitiva quanto à performance da bateria.

As leituras de  $m\Omega$  podem variar amplamente e dependem da química da bateria, tamanho da bateria (taxa mAh), tipo de bateria, número de baterias conectadas em série, fiação e tipo de contato.

Quando usa o método de impedância, uma bateria com uma performance conhecida deve ser medida e suas leituras usadas como referência.

Para melhores resultados, uma leitura de referência deve estar em mãos para cada tipo de bateria.

A tabela a seguir fornece uma diretriz para baterias de telefones móveis digitais baseados em leituras de impedância.

Mili-Ohm	Tensão Da Bateria	Ranking
75-150 mΩ	3.6V	Excelente
150-250 mΩ	3.6V	Bom
250-350 mΩ	3.6V	Regular
350-500 mΩ	3.6V	Pobre
Acima de 500 mΩ	3.6V	Falho

As leituras mΩ são relacionadas à tensão da bateria. Baterias de tensão maior permitem maior resistência interna porque menos corrente é exigida para entregar a mesma energia. A relação entre tensão e mΩ não é totalmente linear.

Existem certos componentes que estão sempre presentes se a bateria tem uma ou várias células. São eles fiação, contatos e circuitos de proteção.

A temperatura também afeta a resistência interna da bateria. A resistência interna de uma bateria de Lítio-íon, por exemplo, mede 50 mΩ a 25 °C (77°F). Se a temperatura aumenta, a resistência interna diminui. A 40°C (104°F), a resistência interna cai para aproximadamente 43 mΩ e a 60°C (140°F) para 40 mΩ.

Embora a bateria funcione melhor quando exposta ao calor, a exposição prolongada a elevadas temperaturas é perigosa. A maioria das baterias fornece um aumento de tensão momentâneo quando aquecidas.

Temperaturas frias têm um efeito drástico em todas as baterias. A 0°C (32°F), a resistência interna da mesma bateria de Lítio-Íon cai para 70 mΩ. A resistência aumenta para 80 mΩ a -10°C(50°F) e 100 mΩ a -20 °C (-4°F).

As leituras de impedância funcionam melhor com baterias de Lítio-Íon porque a degradação do desempenho segue um padrão linear com oxidação da bateria.

O desempenho das baterias de NiMH pode também ser medido com o método de impedância, mas as leituras são menos seguras.

A leitura de uma baixa resistência automaticamente não constitui uma boa bateria. Leituras elevadas de impedância são freqüentemente causadas por memória, um fenômeno que é reversível.

### 35-Qual a diferença entre resistência interna e impedância?

Os termos "resistência interna" e "impedância" são freqüentemente misturados quando se referem à condutividade elétrica de uma bateria. As diferenças são: a resistência interna vê o condutor a partir de um valor puramente resistivo, ou resistência ôhmica.

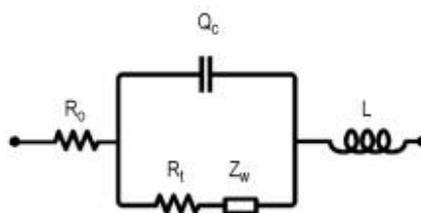
A maioria das cargas elétricas não é puramente resistiva, elas têm um elemento de reatância. Se uma corrente alternada (AC) for enviada através de uma bobina, por exemplo, uma indutância (campo magnético) será criada, que se opõe ao fluxo de corrente.

Essa impedância AC é sempre maior que a resistência ôhmica do cabo de cobre.

Quanto maior a freqüência, maior a resistência indutiva se torna. Em comparação, enviar uma corrente direta (DC) por uma bobina constitui em curto elétrico porque existe apenas uma resistência ôhmica muito pequena.

Similarmente, um capacitor não permite o fluxo de corrente direta, mas permite a passagem de corrente alternada. De fato, um capacitor é um componente isolador para corrente contínua. A resistência que está presente quando se envia uma corrente AC fluindo através de um capacitor é chamada de capacitância. Quanto maior a freqüência, menor a resistência capacitiva.

Uma bateria como uma fonte de energia combina resistências ôhmicas, indutivas e capacitivas. A figura a seguir representa esses valores resistivos em um diagrama esquemático.



- $R_o$  = resistência ôhmica
- $Q_c$  = "loop" de fase constante (tipo de capacitância)
- $L$  = indutor
- $Z_w$  = impedância de Warburg (movimento da partícula dentro do eletrólito)
- $R_t$  = resistência de transferência



### **36-Memória: Mito ou fato?**

A palavra 'memória' foi originalmente derivada de 'memória cíclica', significando que uma bateria de NiCd pode se lembrar de quanta descarga foi exigida em descargas anteriores.

Melhorias na tecnologia da bateria têm virtualmente eliminado esse fenômeno.

Testes realizados em laboratórios da Black & Decker, por exemplo, mostraram que os efeitos de memória cíclica na moderna NiCd eram tão pequenos que eles podiam ser detectados apenas com instrumentos sensíveis.

Após a mesma bateria ser descarregada por diferentes intervalos de tempo, o fenômeno de memória cíclica não foi mais observado.

O problema com a bateria à base de Níquel não é a memória cíclica, 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 material ativo de Cádmio de uma bateria NiCd está presente em cristais finamente divididos. Em uma boa bateria, esses cristais permanecem finos, obtendo máxima área de superfície.

Quando o fenômeno de memória ocorre, os cristais crescem e drasticamente reduzem a área de 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 elétrico.

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.

O fenômeno de memória pode ser explicado em termos leigos como expressado pela Duracell:



“A queda de tensão ocorre porque apenas uma porção dos materiais ativos dentro das células é descarregada e recarregada durante descargas rasas ou parciais. Os materiais ativos que não têm sido carregados/descarregados mudam nas características físicas e aumentam a resistência. Subseqüentes ciclos completos de carga/descarga irão restaurar os materiais ativos para seus estados originais”.

Quando a bateria de NiMH foi primeiramente introduzida havia muita publicidade sobre seu “status” de memória-livre. 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 NiCd requer ciclos de descarga mais freqüentes que a de NiMH. Isto é uma explicação do porquê a bateria de NiCd é mais propensa à memória que a de NiMH.

Baterias de Lítio e à base de Chumbo não são afetadas pela memória, mas essas químicas têm suas próprias peculiaridades. Camadas inibidoras de corrente afetam ambas as químicas – oxidação da placa na bateria de Lítio e sulfatação e corrosão nos sistemas de Chumbo-Ácido. Esses efeitos degenerativos são não-corrigíveis no sistema à base de Lítio e apenas parcialmente reversível na de Chumbo-Ácido.

### **37-Como restaurar e prolongar baterias à base 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 1 Volt 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 a um grau menor.

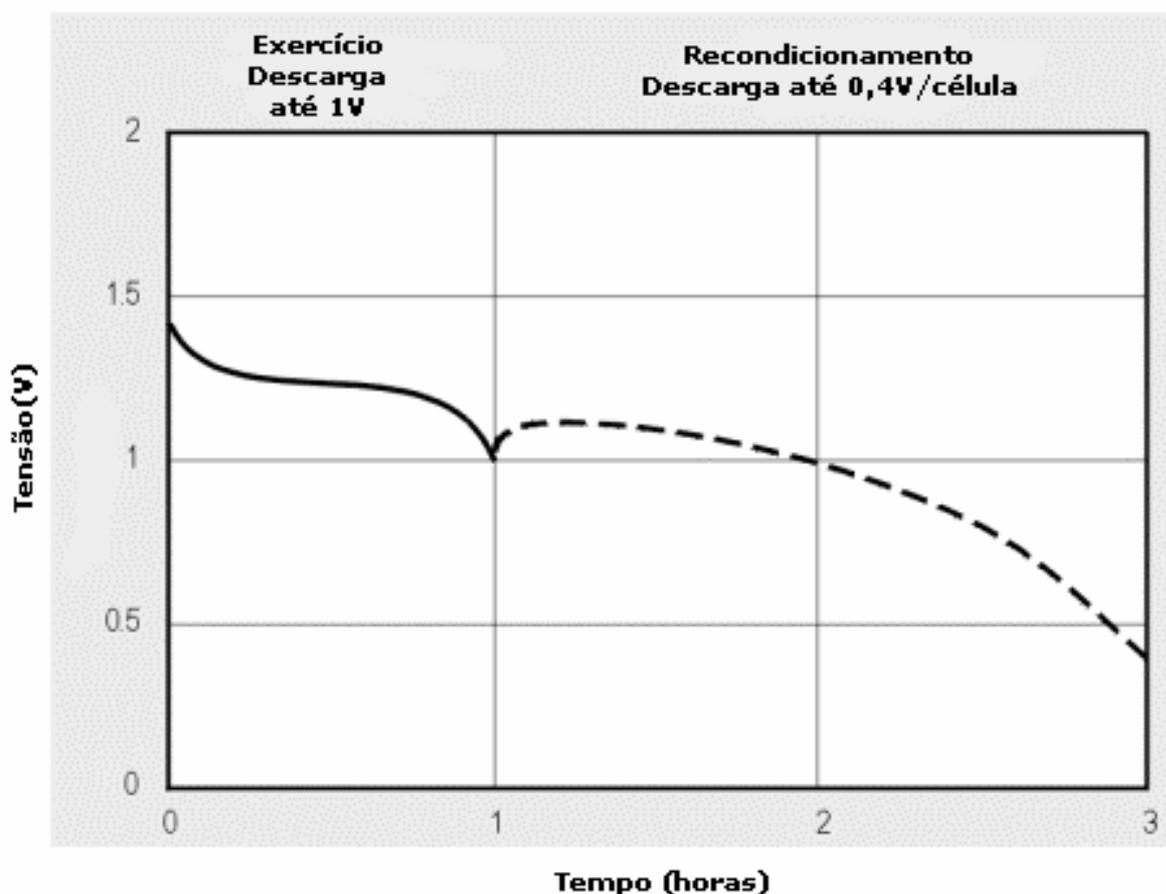
Nenhuma pesquisa científica está disponível que compare NiMH e NiCd em termos de degradação de memória. Também não existem informações à mão que sugiram a quantidade otimizada de manutenção exigida para obter a máxima vida da

bateria. Aplicar uma descarga completa a cada 3 meses parece certo. Por causa do menor ciclo de vida da bateria de NiMH, o superexercício não é recomendado.

Uma toalha de mão deve ser limpa periodicamente. Contudo, se ela fosse lavada após cada uso, seu tecido iria se desgastar muito rapidamente. Da mesma maneira, também não é necessário e nem aconselhável descarregar uma bateria recarregável antes de cada carga – ciclos de carga/descarga sucessivos provocam “fadiga na bateria”.

Exercício e Recondicionamento – Pesquisas têm mostrado que se nenhum exercício for aplicado em uma NiCd por 3 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 1Volt 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. A figura acima mostra a tensão da bateria durante descarga normal para 1 Volt/célula seguido por uma descarga secundária (recondicionamento).

### Diretrizes Simples:

Não 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;

Não descarregar a bateria antes de cada recarga. Isso colocaria um indevido stress na bateria;

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;

Use carregadores de qualidade para carregar baterias.

### O efeito do disparo

Para maximizar a performance da bateria, entusiastas competidores de carrinhos de controle remoto fizeram experimentos com todos os métodos disponíveis e imagináveis. Uma técnica que parece funcionar é a de disparar as células com uma corrente de pulso muito alta. Diz-se que o disparo aumenta superficialmente a tensão da célula, gerando mais energia.

Tipicamente, o motor de corrida extrai 30 A, fornecido por uma bateria de 7,2 Volts. Isso resulta em mais de 200 Watts de energia. Essa energia deve resistir a uma corrida que dure aproximadamente 4 minutos.

De acordo com especialistas, o disparo funciona melhor com baterias de NiCd. Baterias de NiMH foram testadas, mas mostraram resultados inconsistentes.

Empresas especializadas em disparar NiCd para corridas de controle remoto usam uma bateria japonesa de NiCd de alta qualidade. As baterias são normalmente de tamanho sub-C.



Especialmente rotuladas, as células são entregues descarregadas.

Quando se mede a bateria em estado de carga vazio, a tensão lida está entre 1,11 e 1,12 Volts. Se a tensão cai para menos de 1,06 Volts, a bateria é considerada suspeita e o disparo parece não melhorar a performance tão bem quanto as outras.

O disparo é feito com um capacitor de 47000 $\mu$ F que é carregado até 90 Volts.

Melhores resultados são alcançados se a bateria for carregada/d Descarregada (ciclada) duas vezes após o tratamento, então é disparada novamente.

Após a bateria ter estado em uso por um momento, o disparo parece não melhorar a performance da bateria. E o disparo também não regenera uma bateria que se tornou fraca.

O aumento de tensão em uma bateria disparada adequadamente está entre 20 e 40mV. Esta melhoria é medida sob uma carga de 30A. De acordo com especialistas, o ganho de tensão é permanente, mas existe uma pequena queda com uso e tempo.

Nenhuma explicação científica está disponível do porquê do método de disparo melhorar a performance da bateria. Existe pouca informação disponível em relação à longevidade das baterias após elas terem sido disparadas.

### **38-Como restaurar e prolongar baterias de Chumbo-Ácido?**

A versão selada da bateria de chumbo-ácido (SLA) é projetada com um baixo potencial de sobretensão para prevenir depleção de água. Conseqüentemente, os sistemas SLA e a VRLA (Valve Regulated Lead Acid) nunca se carregam completamente e alguma sulfação 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 alto limite de tensão produz uma boa performance 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 sobre um amplo intervalo de temperatura, mas está sujeito à sulfação na placa negativa.

Uma vez que a bateria SLA tenha perdido capacidade devido à sulfação, readquirir sua performance 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 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 sulfação da SLA plástica pode ser invertido aplicando-se uma sobretensão de até 2,50 Volts 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 para 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 auto-regulável 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.

A SLA cilíndrica (feita pela Hawker) se assemelha a uma bateria de tamanho D um pouco maior. Após longo armazenamento, a bateria Hawker pode ser reativada facilmente. Se afetada por sulfação, a tensão da bateria sob carga pode inicialmente aumentar até 5 volts, absorvendo apenas uma pequena quantidade de corrente.

Dentro de aproximadamente 2 horas, a pequena corrente de carga converte os grandes cristais de sulfato de volta a material ativo. A resistência interna da bateria cai e a tensão de carga eventualmente volta ao normal. A uma tensão entre 2,10 e 2,40 Volts, a bateria é capaz de aceitar uma carga normal.

Sabe-se que as baterias Hawker readquirem performance total com o método de tensão descrito, deixando poucos efeitos adversos. Isso, contudo, não dá crédito a



se armazenar essa bateria a uma tensão muito pequena. É sempre melhor seguir as especificações recomendadas pelo fabricante.

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 se 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.

Cuidado: Quando carregar uma SLA com sobretensão, um limitador de corrente deve ser aplicado para proteger a bateria. Sempre ajuste o limite de corrente para a menor configuração prática e observe a tensão da bateria e temperatura durante a carga. Previna a abertura da célula.

Importante: Em caso de ruptura, eletrólito vazando ou qualquer outra causa de exposição ao eletrólito, jogue água imediatamente. Caso haja contato com os olhos, jogue água por 15 minutos e consulte um médico imediatamente.

#### Diretrizes Simples:

Sempre mantenha a SLA carregada. Nunca armazene abaixo de 2,10 Volts por célula;

Evite repetidas descargas profundas. Carregue mais freqüentemente;

Se repetidas descargas profundas não puderem ser evitadas, use uma bateria maior para aliviar o esforço;

Previna sulfatação e corrosão da grade escolhendo a carga correta e tensões flutuantes.

### **39-Como prolongar baterias à base de Lítio?**

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 a performance da bateria, uma vez degradada.

Em muitas circunstâncias, a bateria de Lítio-Íon fornece um serviço superior às outras químicas, mas o seu desempenho é limitado a um definido curto tempo de vida. O desgaste nas baterias à base de Lítio é causado por duas atividades: uso



atual 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 Lítio-Íon 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 3 Volts 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, mantenha a bateria fresca.

Além disso, armazene a bateria um nível de carga de 40%. Nunca carregue completamente ou descarregue 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 Lítio-Íon a 15°C (59°F) e a 40% de carga.

#### Diretrizes Simples:

Carregue a bateria de Lítio-Íon freqüentemente, exceto antes de um longo armazenamento. Evite repetidas descargas profundas;

Mantenha fresca a bateria de Lítio-Íon. Previna armazenar a bateria em um carro quente. Nunca congele uma bateria;

Se o seu laptop é capaz de funcionar sem uma bateria e a energia elétrica for usada a maioria do tempo, remova a bateria e a armazene em um local fresco;

Evite comprar baterias sobressalentes (de reserva) de Lítio-Íon para uso futuro. Observe a data de fabricação quando comprá-las. Não compre estoque velho, mesmo se vendido a preços baixíssimos.



#### **40-Qual a taxa de recuperação das baterias?**

A taxa de recuperação da bateria pela aplicação de ciclos controlados de carga/descarga varia com o tipo de química, contagem de ciclo, práticas de manutenção e idade da bateria.

Os melhores resultados são alcançados com a bateria de NiCd. Tipicamente 50 a 70% das baterias descartadas de NiCd podem ser recuperadas quando se usar métodos de exercício e recondicionamento de um analisador de baterias.

Nem todas as baterias respondem igualmente bem aos serviços de exercício e recondicionamento. Uma bateria mais velha pode mostrar leituras baixas e inconsistentes de capacidade com cada ciclo.

Outras se tornarão piores quando ciclos adicionais forem aplicados. Uma analogia pode ser feita a um homem muito velho para o qual exercício é prejudicial. Tais condições indicam instabilidades causadas por envelhecimento, sugerindo que esse conjunto de baterias deve ser trocado.

Algumas baterias mais antigas de NiCd recuperam quase a capacidade original quando 'exercitadas'.

A taxa de recuperação das baterias de NiMH é aproximadamente de 40%. Esse baixo rendimento é, em parte, devido à reduzida contagem de ciclo da bateria de NiMH comparado às de NiCd.

Algumas baterias podem ser afetadas por dano de calor que ocorre durante carregamento incorreto. A perda permanente da capacidade da bateria é também causada por armazenamento prolongado em elevadas temperaturas.

A taxa de recuperação para baterias de Chumbo-Ácido é um baixo 15%. Diferente das baterias à base de Níquel, a restauração da bateria de Chumbo-Ácido não é baseada em inverter a formação cristalina, mas prefere reativar o processo químico.

As razões para baixas leituras de capacidade são: armazenamento prolongado a baixa tensão terminal, e pobres métodos de carga. A bateria também falha devido à idade e alta contagem de ciclo.

Baterias à base de Lítio têm um limite definido de idade. Uma vez que os ciclos antecipados foram entregues, não existe nenhum método para melhorar a bateria.

A principal razão para a falha é a alta resistência interna causada pela oxidação.



Operar a bateria em temperaturas elevadas reduzirá momentaneamente essa condição. Quando a temperatura se normaliza, a condição de alta resistência interna retorna.

A velocidade de oxidação depende da temperatura de armazenamento e do estado de carga da bateria. Manter a bateria em um local fresco pode prolongar a sua vida. A bateria de Lítio-Íon deve ser armazenada a 40% ao invés de completamente carregadas.

É freqüentemente perguntado se uma bateria restaurada funcionará tão bem quanto uma nova.

A reparação da formação cristalina pode ser considerada uma completa restauração. Contudo, a formação cristalina irá ocorrer novamente com o tempo se a bateria tiver uma manutenção adequada.

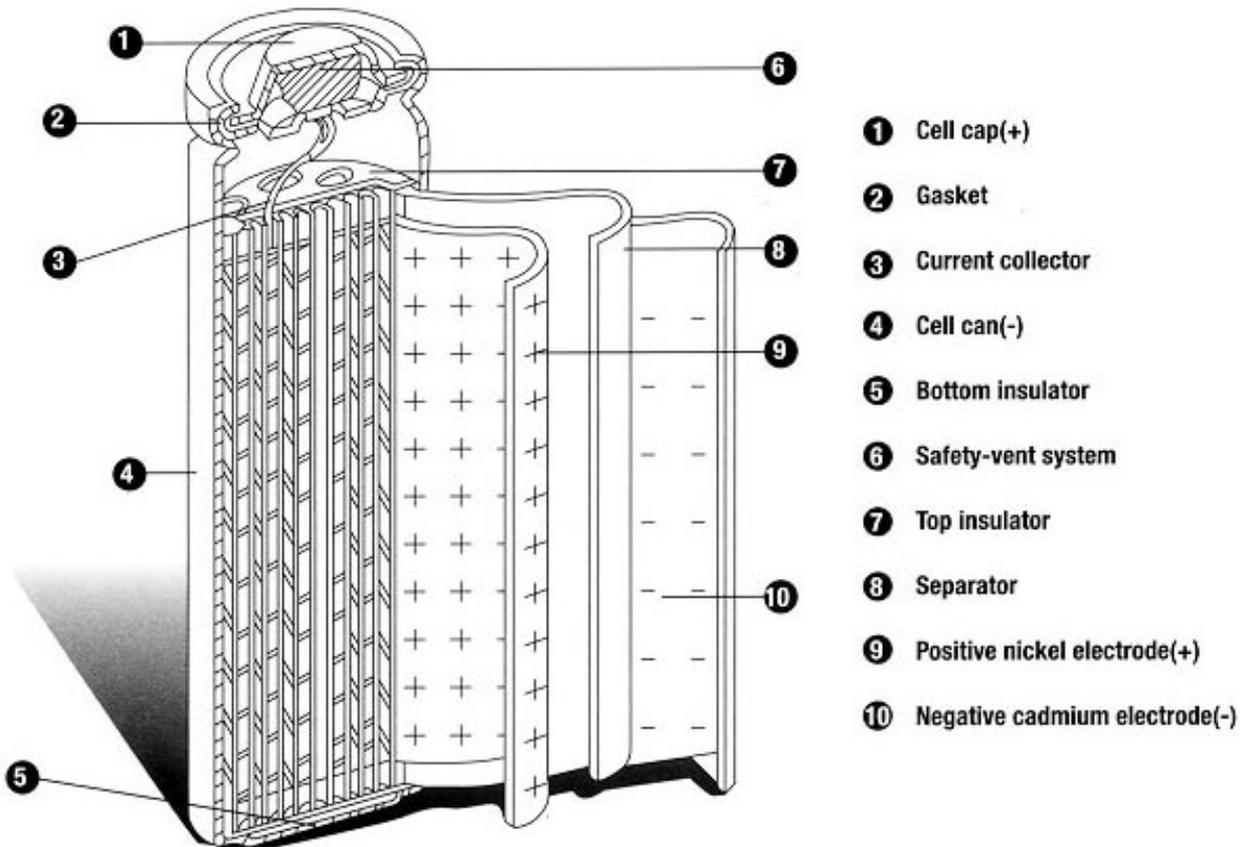
Quando o componente defeituoso de uma máquina é trocado, apenas a parte trocada é nova, o resto da máquina continua na mesma condição. Se o separador de uma bateria à base de Níquel for danificado por calor excessivo ou está estragada por formação cristalina incontrolada, essa parte da bateria não irá melhorar.

Outros métodos, que pretendem restaurar e prolongar baterias recarregáveis têm produzido resultados frustrantes. Um método é anexar um forte magneto (ímã) ao lado da bateria; outro é expor a bateria a vibrações ultra-sonoras. Nenhuma evidência científica existe diz que tais métodos irão melhorar o desempenho da bateria, ou restaurar uma bateria "doente".

## 41-Especificações Técnicas usuais de baterias recarregáveis de NICD e NIMH?

### 41.1-Baterias Recarregáveis de NiCd

#### 41.1.1-Construção das Células NiCd



- 1- Topo ou cabeção da célula
- 2- Vedação
- 3- Coletor de corrente
- 4- Invólucro da célula
- 5- Isolante de fundo
- 6- Válvula de Segurança
- 7- Isolador superior
- 8- Separador
- 9- Eletrodo positivo de níquel
- 10- Eletrodo negativo de cádmio



#### **41.1.2-Principais Características - NiCd**

- 1- Ótima relação custo-benefício;
- 2- Bom desempenho em carga e descarga excessiva;
- 3- Excelente desempenho em altas correntes de carga e descarga: podem ser carregadas em 1 hora e descarregadas em 3C ( três vezes a corrente nominal );
- 4- Válvula de Segurança: Abre automaticamente quando a pressão interna da célula chega a 22 atmosferas, evitando explosões;
- 5- Larga faixa de temperatura: de - 20 oC a + 50 oC;
- 6- Longa Vida Útil: de 500 a 1000 ciclos;
- 7- Alta tensão de descarga: a tensão fica acima de 1,2V por célula durante 40-50 minutos durante a descarga na corrente nominal.

#### **41.1.3-Principais Aplicações - NiCd**

- 1- Equipamentos de telecomunicação tais como telefones sem fio, telefones celulares, rádios;
- 2- Luz de emergência e sistemas de segurança;
- 3- Brinquedos rádio controlados;
- 4- Aparelhos de áudio e vídeo tais como filmadoras, câmeras digitais, walkmans e rádios;
- 5- Bicicletas elétricas;
- 6- Ferramentas Elétricas;
- 7- Outros aparelhos elétricos como barbeadores, escovas de dentes, massageadores, aspiradores de pó portáteis.



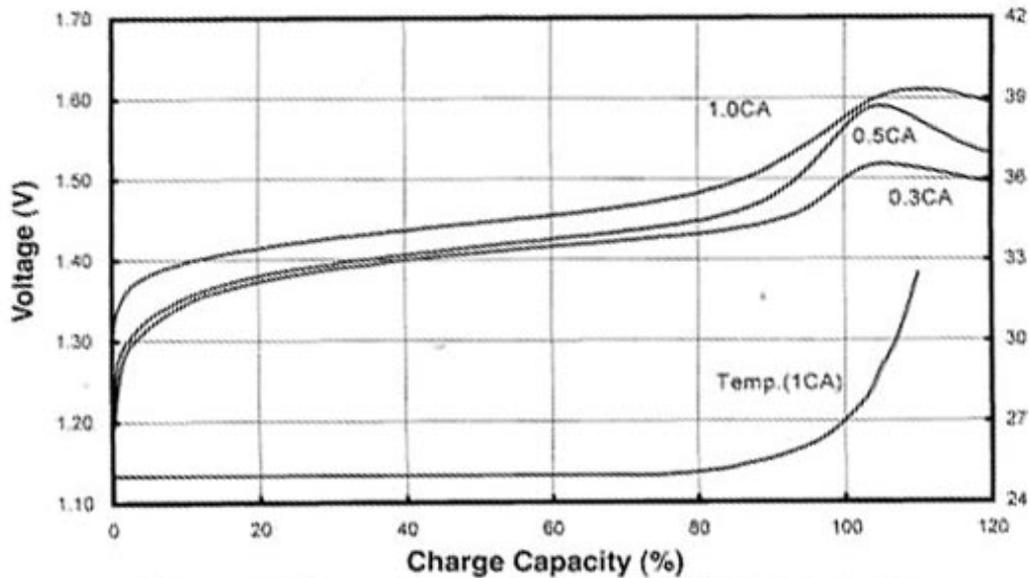
#### 41.1.4-Tamanhos de Baterias NiCd

TAMANHO	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	PESO(g)
1/3AAA	10,5	16	5
2/3AAA	10,5	28,5	8
AAA	10,5	44	12
1/3AA	14,5	17	8
2/3AA	14,5	29	14
4/5AA	14,5	43	20
AA	14,5	50	23
7/5AA	14,5	65,5	33
2/3A	17	28,5	21
4/5A	17	43	30
A	17	50	31
4/3A	17	67	52
1/2SC	23	26	26
4/5SC	23	34	35
SC	23	43	45
C	26	50	70
1/2D	33	37	72
D	33	61	123

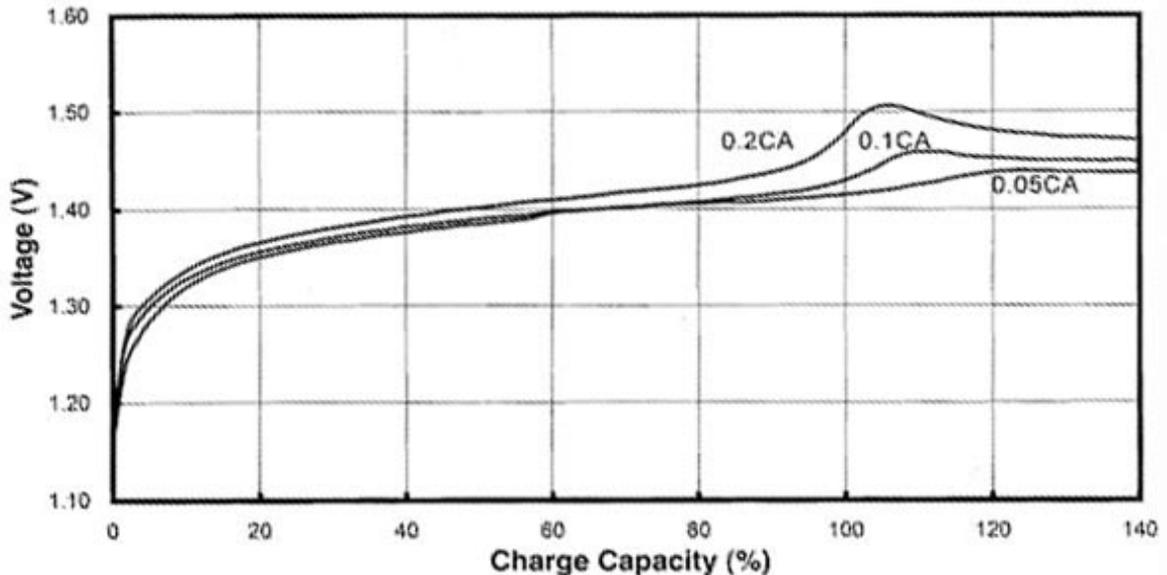
### 41.1.5-Curva de Carga

## Charge Characteristics

The charge voltage curves are influenced by the charging current rate, as well as the ambient temperature.



Effect of Different Charge Current on Ni-Cd Cylindrical Battery  
Charge Voltage and Capacity  
Temperature: 20°C

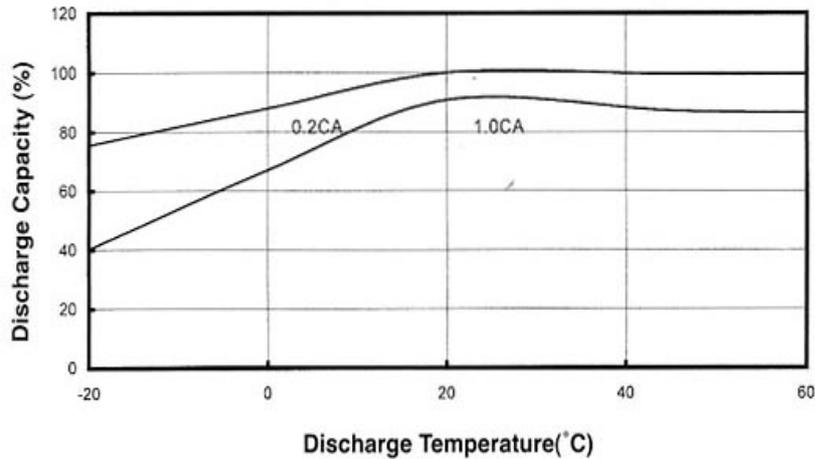


Effect of Different Charge Current on Ni-Cd Cylindrical Battery  
Charge Voltage and Capacity  
Temperature: 20°C

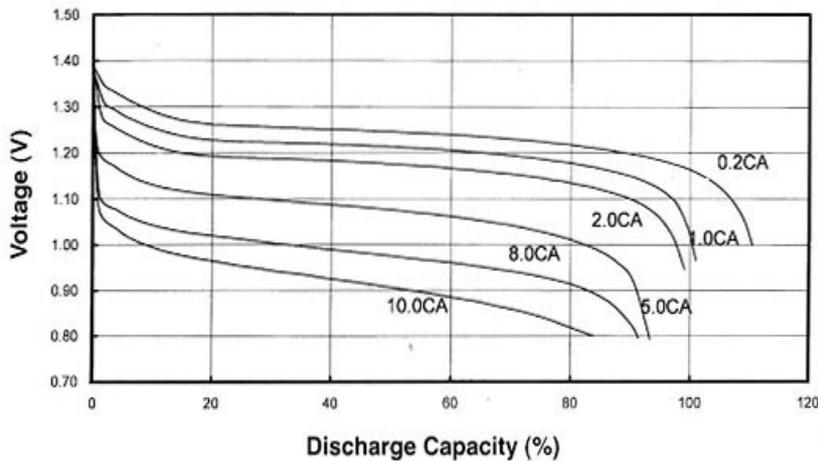
### 41.1.6-Curva de Descarga

#### Discharge Characteristics

The discharge voltage curves and the available capacities are limited by the discharge currents, the final cut-off voltage, and the ambient temperature.



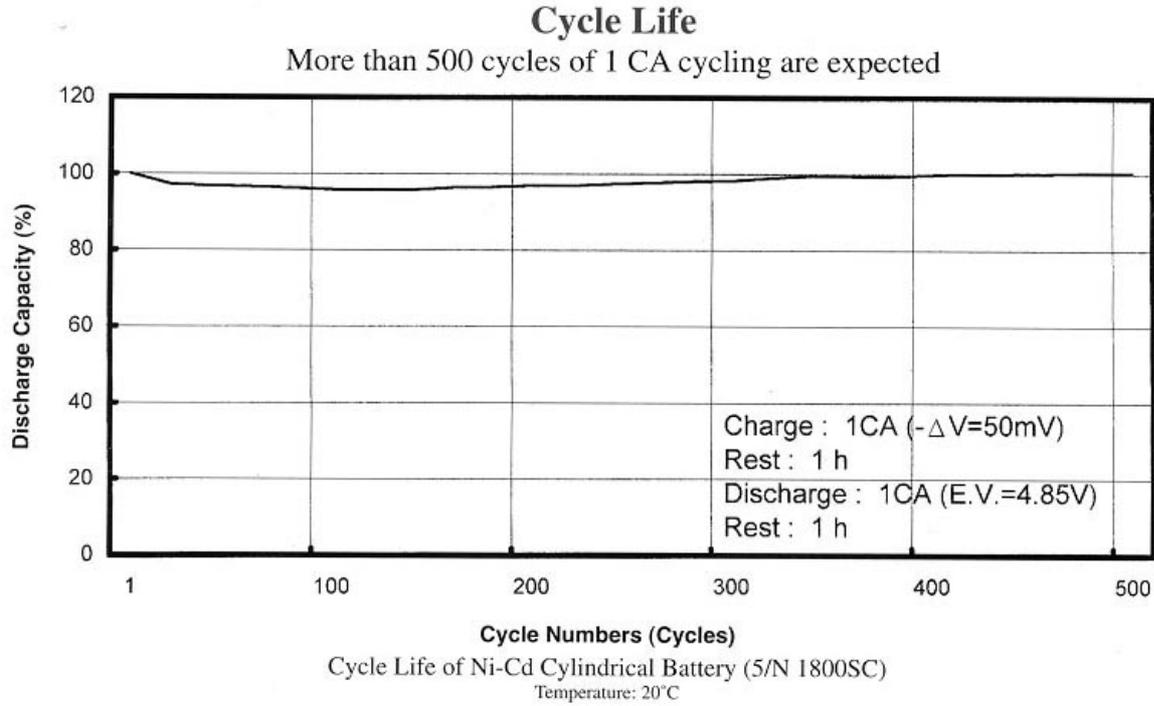
Charge Capacity of  
Ni-Cd Cylindrical Battery vs. Discharge Temperatures  
Charge: 0.2CA\*160% The 0.2CA Discharge Capacity at 20°C is Taken as 100%



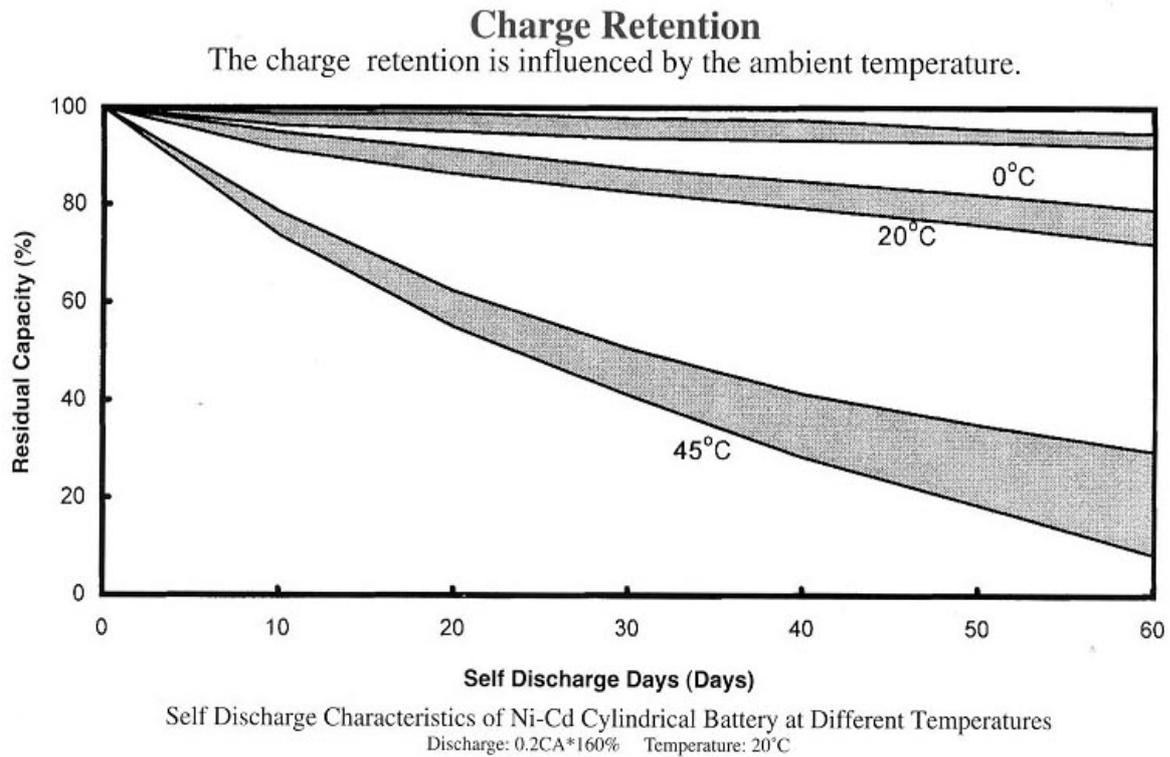
Effect of Discharge Current on  
Ni-CD Cylindrical Battery Discharge Voltage and Capacity  
Charge: 0.2CA\*160% Temperature: 20°C



### 41.1.7-Curva de Vida Útil

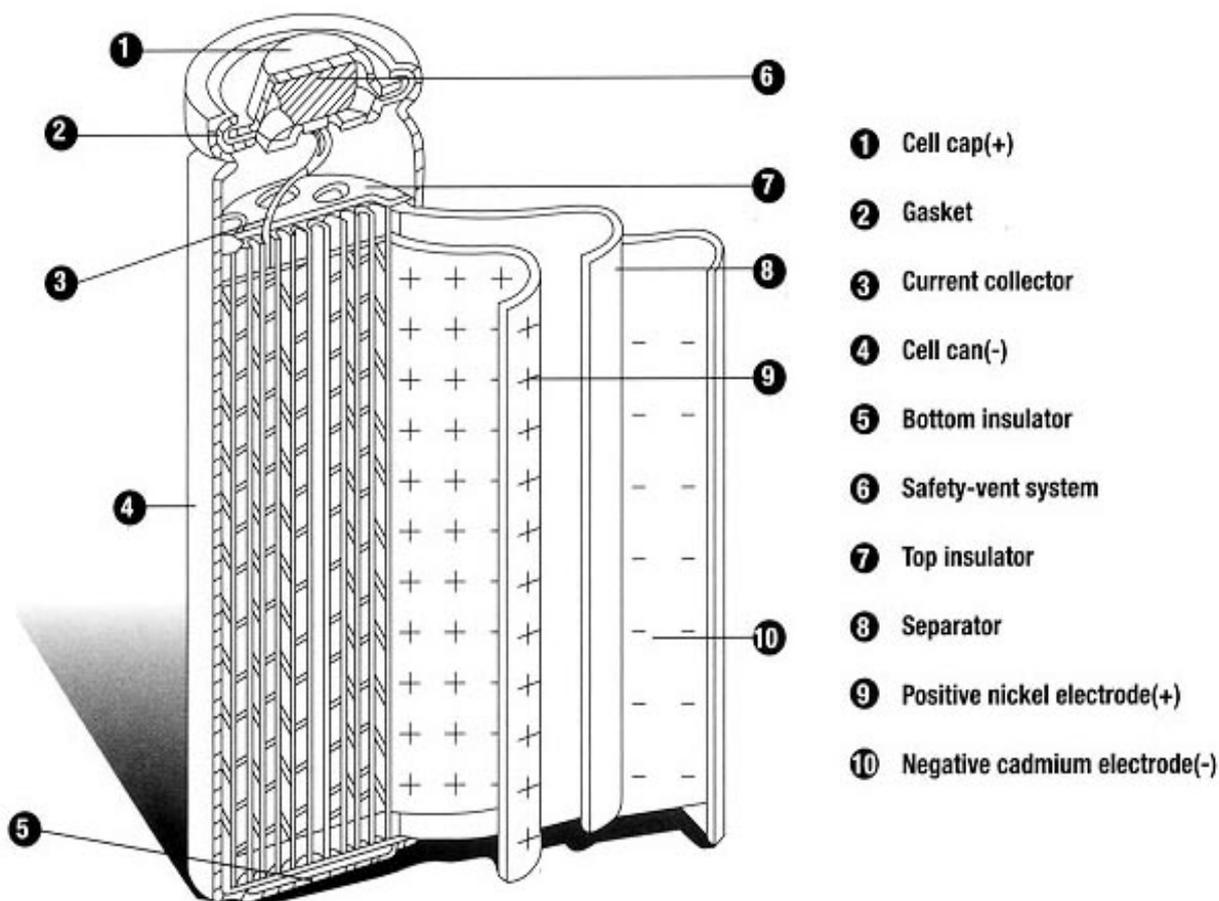


### 41.1.8-Curva de Retenção de Carga



## 41.2-Baterias Recarregáveis de NiMh

### 41.2.1-Construção das Células



- 1 Cell cap(+)
- 2 Gasket
- 3 Current collector
- 4 Cell can(-)
- 5 Bottom insulator
- 6 Safety-vent system
- 7 Top insulator
- 8 Separator
- 9 Positive nickel electrode(+)
- 10 Negative cadmium electrode(-)

- 1- Topo ou cabeção da célula
- 2- Vedação
- 3- Coletor de corrente
- 4- Invólucro da célula
- 5- Isolante de fundo
- 6- Válvula de Segurança
- 7- Isolador superior
- 8- Separador
- 9- Eletrodo positivo de níquel
- 10- Eletrodo negativo de metal hidreto



#### **41.2.2-Principais Características**

- 1- Adequação ao Meio ambiente: 0% de Cádmio, Mercúrio e Chumbo
- 2- Alta Densidade de Energia: 55 Kwh/Kg
- 3- Longa Vida Útil: Entre 500 e 1000 ciclos de carga e descarga
- 4- Excelente desempenho em altas correntes de carga e descarga: podem ser carregadas em 1 hora e descarregadas em 3C (três vezes a corrente nominal)
- 5- Válvula de Segurança: Abre automaticamente quando a pressão interna da célula chega a 25 atmosferas, evitando explosões
- 6- Larga faixa de temperatura: de - 20 oC a + 50 oC
- 7- Efeito memória pequeno se comparado com a bateria NiCd.
- 8- Baixa resistência interna

#### **41.2.3-Principais Aplicações**

- 1- Equipamentos de telecomunicação tais como telefones sem fio, telefones celulares, rádios;
- 2- Luz de emergência e sistemas de segurança;
- 3- Brinquedos rádio controlados;
- 4- Aparelhos de áudio e vídeo tais como filmadoras, câmeras digitais, walkmans e rádios;
- 5- Notebooks;
- 6- Ferramentas Elétricas;
- 7- Outros aparelhos elétricos como barbeadores, escovas de dentes, massageadores, aspiradores de pó portáteis.



#### 41.2.4-Tamanhos de Baterias NiMh

TAMANHO	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	PESO(g)
2/3AAAA	8,7	29	5
4/5AAAA	8,7	40	7
AAAA	8,7	52	10
LAAAA	8,7	55	11
XLAAAA	8,7	67	13
1/4AAA	10,5	11	2,4
1/3AAA	10,5	15	4
2/5AAA	10,5	20	5
2/3AAA	10,5	28,5	7
SAAA	10,5	36	9
4/5AAA	10,5	38	10
AAA	10,5	44	12
LAAA	10,5	50	14
XLAAA	10,5	67	18
1/3AA	14,5	17	8
2/3AA	14,5	29	14
AA	14,5	50	26
5/4AA	14,5	65	32
2/3A	17	28,5	21
4/5A	17	43	33
A	17	50	38
4/3	17	67	52
4/5SC	23	34	48
SC	23	43	56
C	26	50	80
1/2D	33	37	95
D	33	61	160

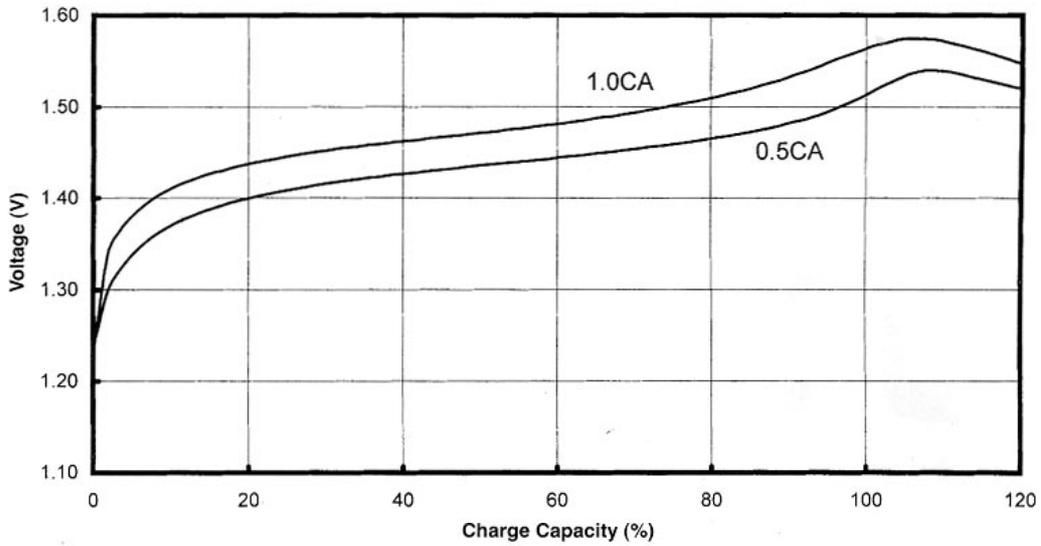


### 41.2.5-Curva de Carga

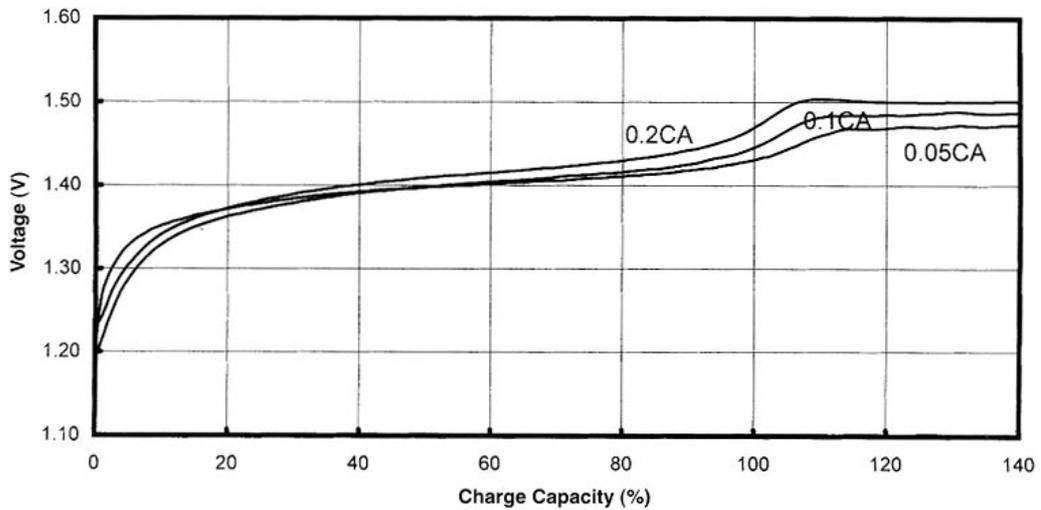
## PERFORMANCE

### Charge Characteristics

The charge voltage curves are influenced by the charging current rate, as well as the ambient temperature.



Effect of Different Charge Current on Ni-MH Cylindrical Battery Charge Voltage and Capacity  
Temperature: 20°C

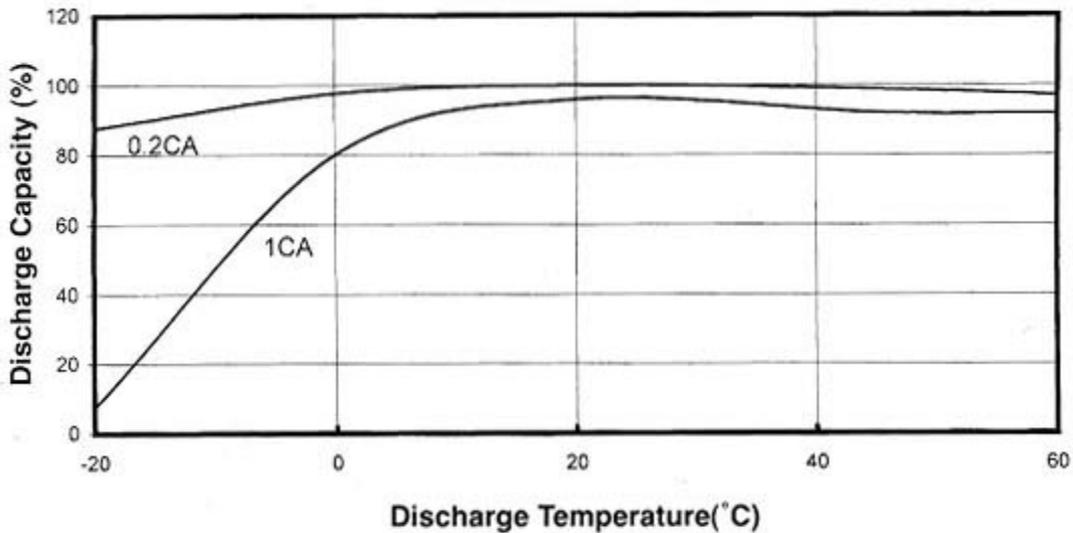


Effect of Different Charge Current on Ni-MH Cylindrical Battery Charge Voltage and Capacity  
Temperature: 20°C

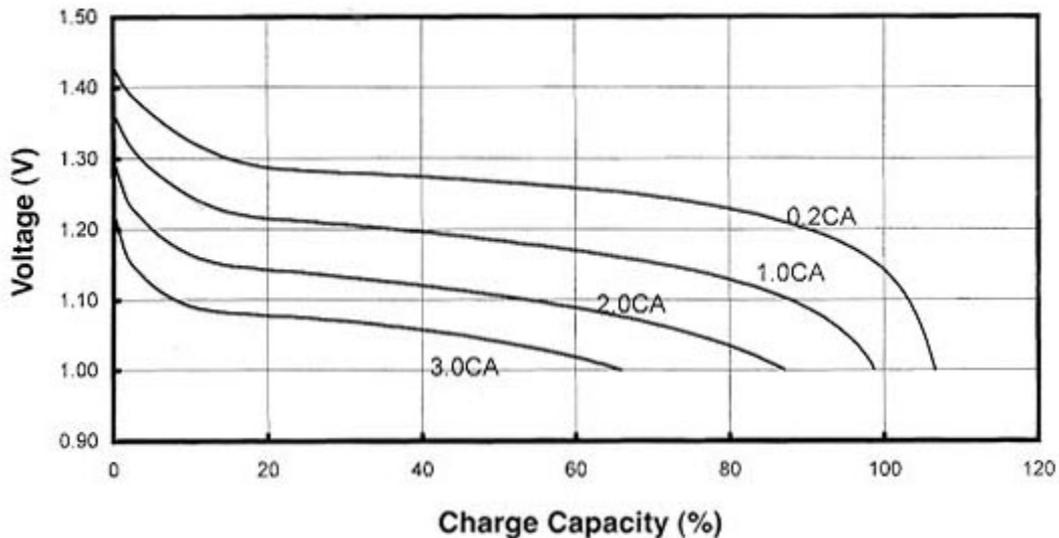
### 41.2.6-Curva de Descarga

## Discharge Characteristics

The discharge voltage curves and the available capacities are limited by the discharge currents, as well as the ambient temperature.



Discharge Capacity of Ni-MH Cylindrical Battery vs. Discharge Temperatures  
 Discharge: 0.2CA\*160% The 0.2CA Discharge Capacity at 20°C is Taken as 100%.

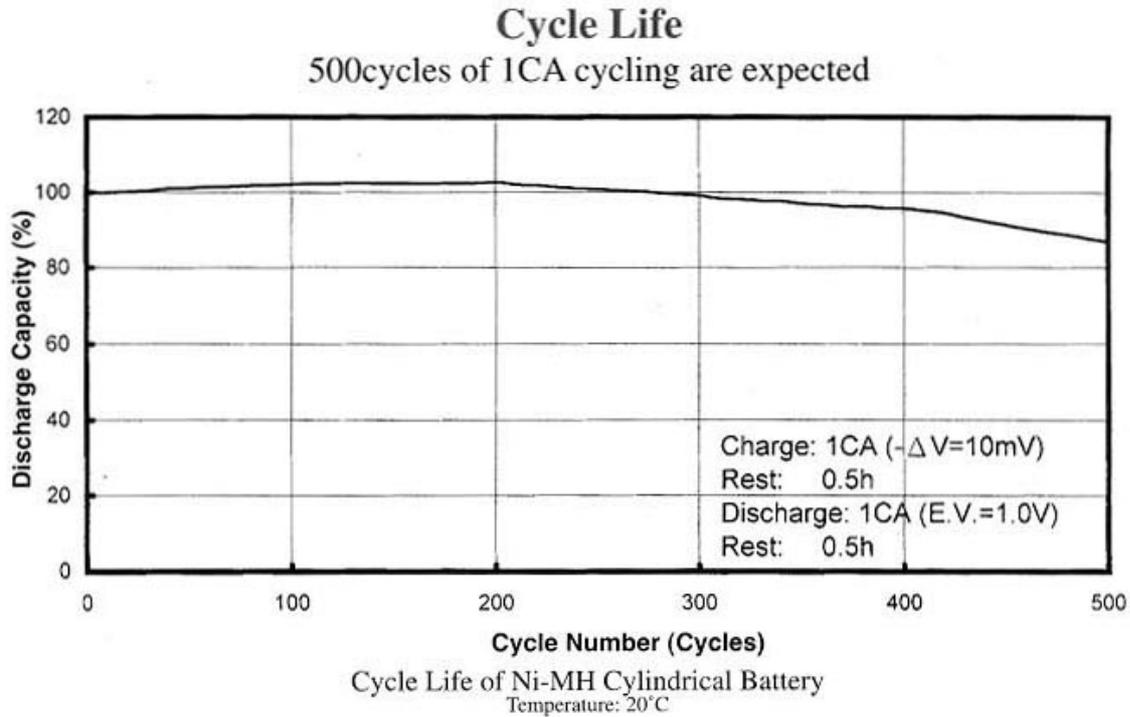


Effect of Discharge Current on Ni-MH Cylindrical Battery  
 Discharge Voltage and Capacity

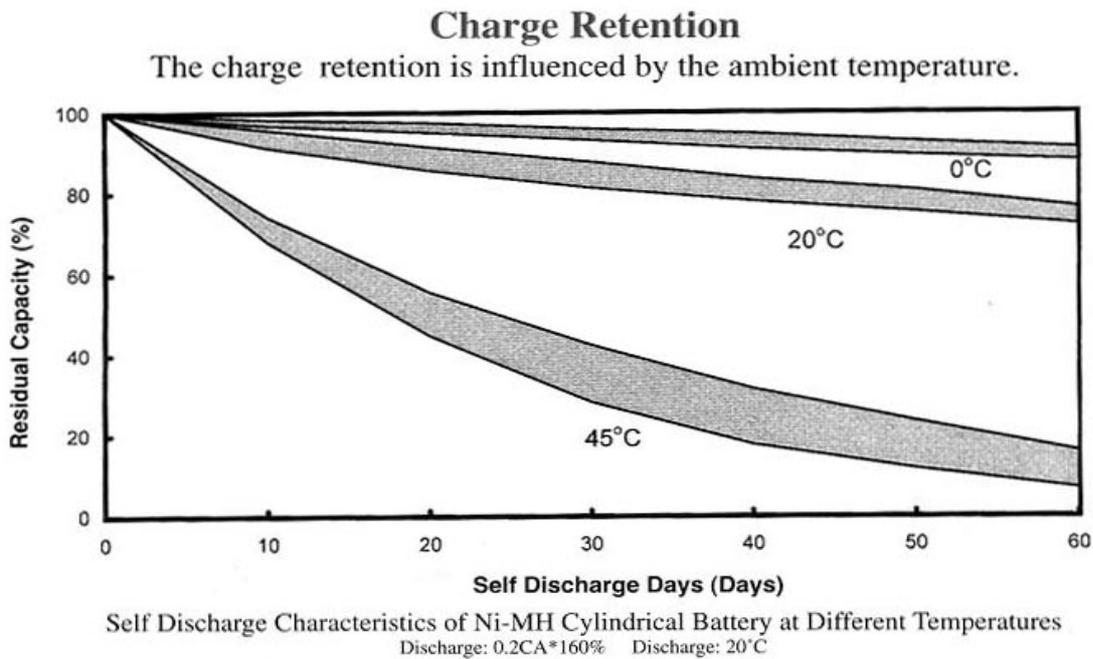
Discharge: 10.2CA\*160% Discharge Temperature: 20°C



### 41.2.7-Curva de Vida Útil



### 41.2.8-Curva de Retenção de Carga

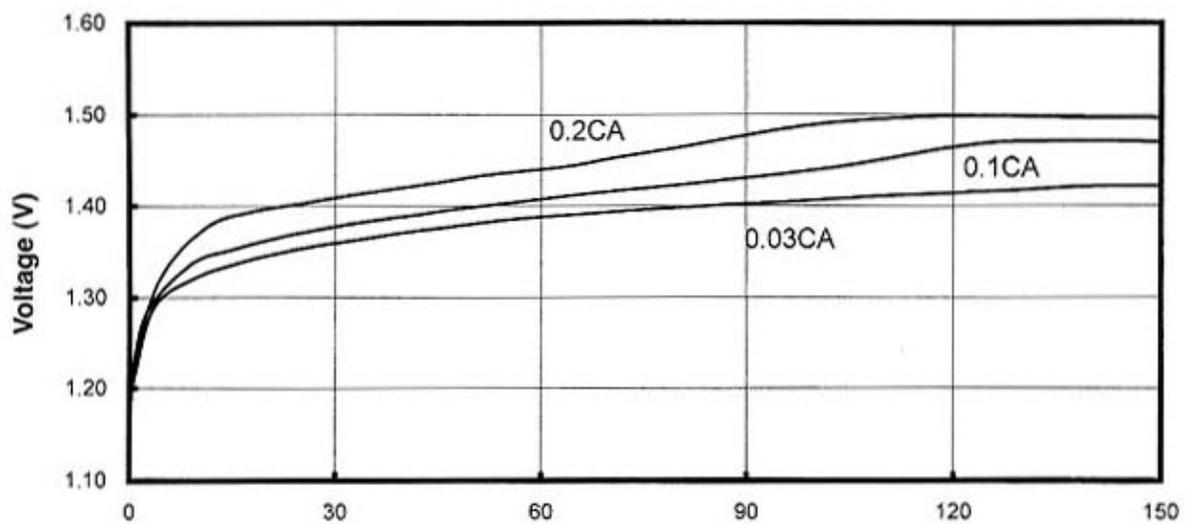


### 41.3-Baterias Recarregáveis NiCd - tipo botão

#### 41.3.1- Curva de carga

### Charge Characteristics

The charge voltage curves are influenced by the charging current rate, as well as the ambient temperature.

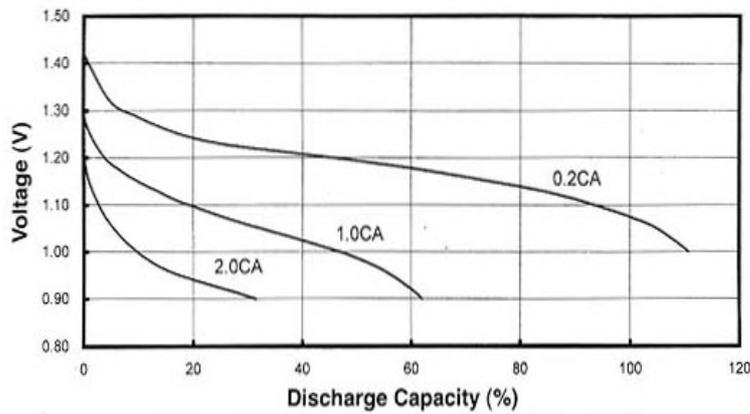


**Charge Capacity (%)**  
 Effect of Different Charge Current on Ni-Cd Button Cells  
 Charge Voltage and Capacity  
 Charge: 0.2CA\*160% Temperature: 20°C

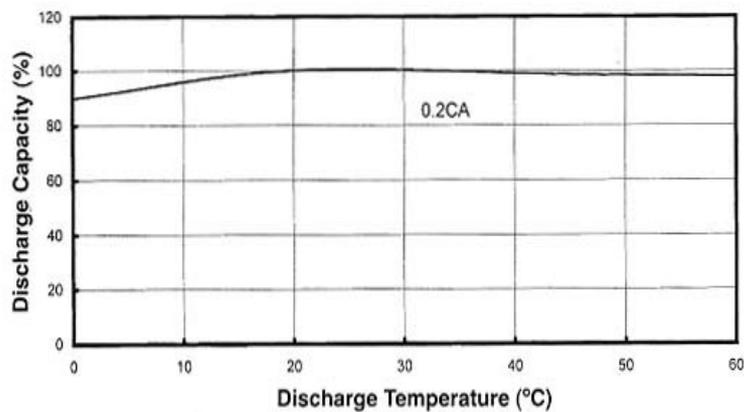
### 41.3.2- Curva de descarga

#### Discharge Characteristics

The discharge voltage level and the available discharge capacities are influenced by the discharge currents, the final cut-off voltage, and the ambient temperature.



Effect of Discharge Current on Ni-Cd Button Cells  
Discharge Voltage and Capacity  
Charge: 0.2CA\*160% Temperature: 20°C

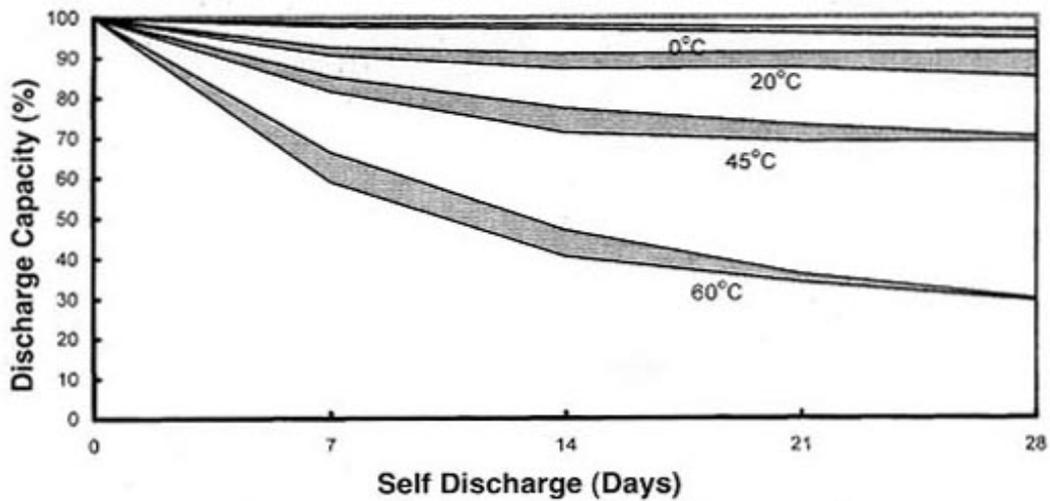


Discharge Capacity of Ni-Cd Button Cells  
vs. Discharge Temperature  
Charge: 0.2CA\*160% The 0.2CA Discharge Capacity at 20°C is Taken as 100%.

### 41.3.3- Curva de retenção de carga

## Charge Retention

The charge retention is influenced by the ambient temperature.



Self Discharge Characteristics of Ni-Cd Button Cells  
at Different Temperatures

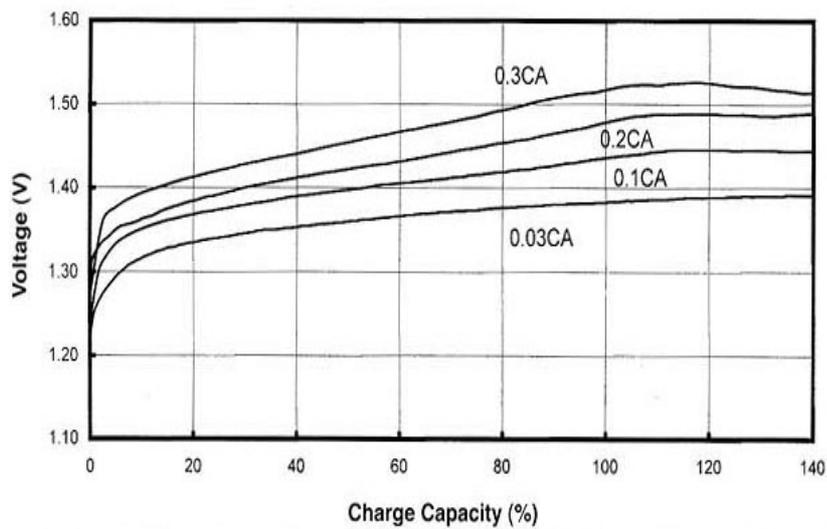
Charge: 0.2CA\*160% Discharge: 0.2CA

## 41.4-Baterias Recarregáveis NiMh - tipo botão

### 41.4.1- Curva de carga

#### Charge Characteristics

The charge voltage curves are influenced by the charging current rate, as well as the ambient temperature.

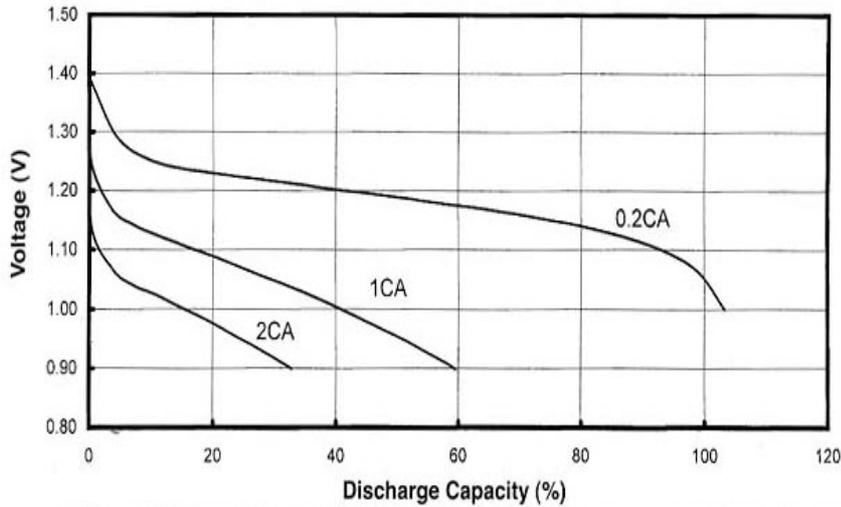


Effect of Different Charge Current on Ni-MH Button Cells Charge Voltage and Capacity  
Temperature: 20°C

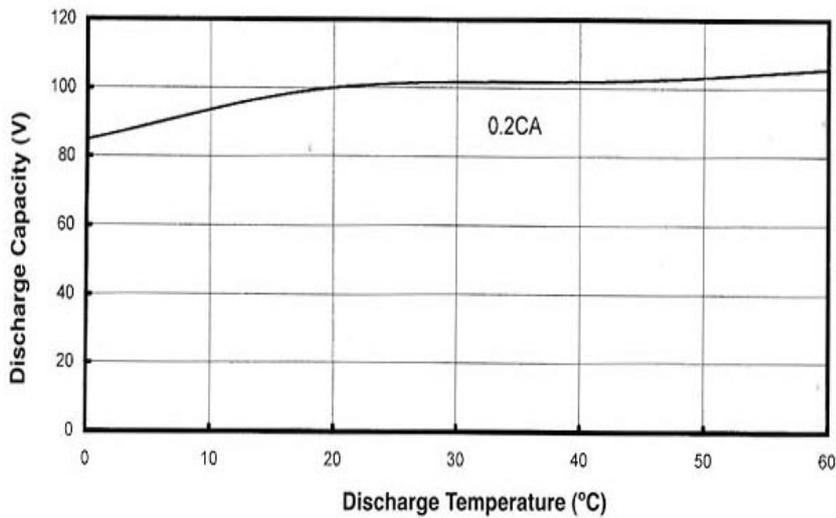
### 41.4.2- Curva de descarga

#### Discharge Characteristics

The discharge voltage level and the available discharge capacities are influenced by the discharge currents, the final cut-off voltage and the ambient temperature.

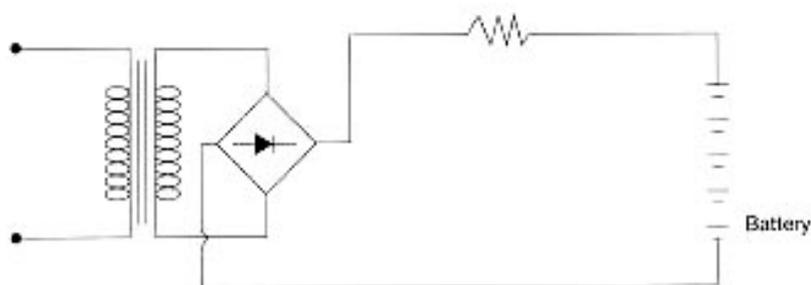


Effect of Discharge Current on Ni-MH Button Cells Discharge Voltage and Capacity  
Discharge: 0.2CA\*160% Temperature: 20°C



Discharge Capacity of Ni-MH Button Cells vs. Discharge Temperatures  
Discharge: 0.2CA\*160% The 0.2CA Discharge Capacity at 20°C is Taken as 100%.

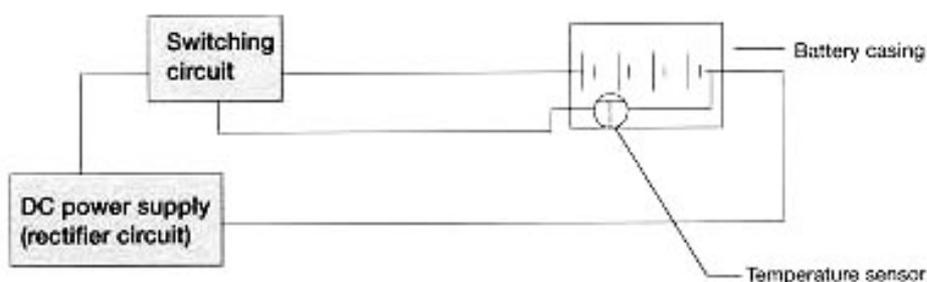
## 41.5-Circuitos de Carga



- **Standard charge**

- **Charge circuit by quasi-constant current charging**

With this method, nearly constant current is produced by connecting resistance between the DC power supply and the cell in series. The value of the resistance should be adjusted to keep the charge current at about 0.1C.



- **Fast charge**

- **Fast charge circuit by temperature sensor control**

In this system the sensor attached to the cell detects the cell temperature increases at full charging, activates the switching circuit and terminates the quick charge operation.

#### 41.6- Principais conectores para baterias recarregáveis de telefone sem fio

