

República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI1000579-0 A2**



(22) Data de Depósito: 23/02/2010  
(43) Data da Publicação: 18/10/2011  
(RPI 2128)

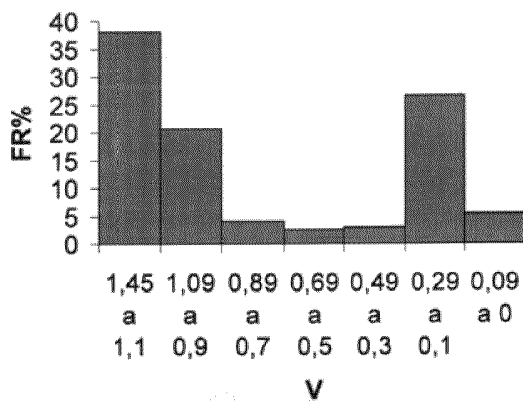
(51) *Int.Cl.:*  
G01R 31/36  
H01M 10/48

(54) **Título:** MÉTODO E APARATO DE ANÁLISE DE CÉLULAS ELETROQUÍMICAS RECARREGÁVEIS

(73) **Titular(es):** Universidade Federal do Rio Grande do Sul

(72) **Inventor(es):** Célia de Fraga Malfatti, Eduardo Luis Schneider, Wilson Kindlein Junior

(57) **Resumo:** MÉTODO E APARATO DE ANÁLISE DE CÉLULAS ELETROQUÍMICAS RECARREGÁVEIS. A presente invenção trata de um aparato e método para análise de estado de células de baterias recarregáveis e avaliação da possibilidade de reutilização das mesmas para outros propósitos sem a necessidade de passar por processo de reciclagem. Em especial, a invenção é direcionada a células de baterias de equipamentos portáteis, tal como celulares, notebooks e câmeras digitais.





PI1000579-0

**Relatório Descritivo de Patente de Invenção****MÉTODO E APARATO DE ANÁLISE DE CÉLULAS ELETROQUÍMICAS****RECARREGÁVEIS****5     Campo da Invenção**

A presente invenção trata de um aparato e método para análise de estado de células de baterias recarregáveis e avaliação da possibilidade de reutilização das mesmas para outros propósitos sem a necessidade de passar por processo de reciclagem. Em especial, a invenção é direcionada a células de baterias de equipamentos portáteis, tal como celulares, *notebooks*, câmeras digitais, entre outros. A presente invenção se situa no campo da Engenharia Elétrica e de Materiais.

**Antecedentes da Invenção**

15       No Brasil, pilhas e baterias portáteis usadas têm sido recolhidas por programas de reciclagem de baterias. Lá, as mesmas são recicladas sem antes avaliar o potencial de utilização. No processo de reciclagem as baterias são queimadas em fornos industriais de alta temperatura, dotados de filtros que reduzem a emissão de gases poluentes, obtendo, nesse processo, sais e

20       óxidos metálicos, que são utilizados na indústria de refratários, vidros, tintas, cerâmicas e química em geral.

Segundo a hierarquia de gestão de resíduos, a reutilização é um procedimento que deve ser priorizado em relação a reciclagem, pois a reutilização de células de baterias que ainda têm potencial evita tanto extração

25       matéria prima para a fabricação de novas células quanto a necessidade de reprocessamento e seus respectivos os impactos ecológicos, considerando que uma grande quantidade de células com capacidade de ser reutilizada (aproximadamente 40 %) está sendo tratada como resíduo nos dias de hoje.

Com o emprego de uma política de reutilização, mais baterias podem

30       voltar a serem utilizadas e menos baterias novas precisarão ser produzidas, o

que possibilita minimizar os desperdícios econômicos, devido às diversas etapas que envolvem o processo de produção das células (inserção dos eletrodos e separadores enrolados na forma espiral dentro de um tubo de aço niquelado, adição do eletrólito, fechamento, conformação do topo e rotulagem) e os desperdícios ambientais devido à extração de matéria prima e à contaminação do meio ambiente provocada descarte precoce das mesmas.

Atualmente, a tecnologia utilizada e empregada nos carregadores disponíveis no mercado permite apenas a avaliação do estado de saúde (*state of health*) de alguns modelos de bateria em função das interfaces dos contatos elétricos. Isto inviabiliza a avaliação de tanto de outros modelos como das células de forma individual, o que é de suma importância para a avaliação de baterias descartadas (danos provocados a uma das células de um conjunto podem provocar um mau funcionamento nas baterias).

As células avaliadas e aprovadas poderiam ser empregadas em indústrias de desmontagem e reaproveitamento de componentes, em sistemas e em subsistemas de produtos industriais. Células de bateria com potencial para reuso poderiam ser empregadas, por exemplo, em fontes de alimentação portáteis, luminárias com LEDs, produtos desenvolvidos em projetos sociais para pessoas com deficiência física bem como para pessoas que vivem em zonas rurais com acesso precário ou até mesmo sem acesso a rede elétrica, entre outras utilidades.

No âmbito patentário, alguns documentos descrevem métodos para triagem de desempenho de baterias e carga de baterias.

O documento WO 2003/093849 descreve um método de análise de sistemas eletroquímicos através de cálculos feitos utilizando-se o valor da impedância complexa dos referidos sistemas, que compreendem, mas não se limitam a baterias eletroquímicas. Descreve também um aparato digital para medições e processamento dos dados. A presente invenção difere desse documento pelo fato de não necessitar de dados como impedância complexa para diagnosticar a bateria, por possuir sistema de medição completamente analógico, e por se focar no reaproveitamento de baterias descartadas.

O documento WO/2001/095454 descreve um analisador e carregador de baterias, compreendendo o aparato analisador em si, um adaptador para a bateria, e um programa de análise embarcado no referido aparato. Utiliza a leitura constante da temperatura da bateria para o controle da corrente. A presente invenção difere desse documento pelo fato de não necessitar de dados como temperatura, por possuir sistema de medição completamente analógico e por poder ser utilizada diretamente nas células internas das baterias.

O documento WO 2004/042840 descreve um analisador de baterias eletrônico com classificação das baterias baseada em respostas a perguntas que dependem dos dados medidos na bateria. A presente invenção difere desse documento pelo fato de se destinar adicionalmente a células individuais de baterias, e por possuir sistema de classificação de baterias baseado diretamente nas medições de carga e descarga das mesmas.

O documento WO 2004/023580 descreve um analisador de baterias que utiliza dados como a tensão de circuito aberto, a temperatura, e um parâmetro dinâmico, como condutância ou resistência, para medição. A presente invenção difere desse documento pelo fato de não necessitar de dados como temperatura e condutância para medição e por poder ser utilizada diretamente nas células internas das baterias.

O documento WO 2003/076960 descreve um analisador de baterias com comunicação de rede, capaz de enviar dados de uma bateria a uma localização remota. A presente invenção difere desse documento pelo fato de ser em forma de bancada, pelas medições serem feitas no mesmo local da análise e por poder ser utilizada diretamente nas células internas das baterias.

O documento WO 2003/076960 descreve um analisador de baterias com medição por método Kelvin, configurado com software para gerar dados de saída relativos à bateria em função da análise de dados dinâmicos de entrada medidos na referida bateria. A presente invenção difere desse documento pelo fato de poder ser utilizada diretamente nas células internas das baterias.

Do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

5

### **Sumário da Invenção**

A presente invenção descreve um aparato e método de avaliação de unidades eletroquímicas básicas (células) de baterias recarregáveis, sendo possível uma avaliação simultânea de mais de uma célula.

10

Em uma realização preferencial, a configuração da invenção permite flexibilidade quanto ao tipo ou modelo de bateria.

É um dos objetos da presente invenção um método de análise de estado de células de baterias recarregáveis compreendendo as seguintes etapas:

a) desmontagem das baterias;

15

b) seleção visual das células das baterias em bom estado;

c) seleção das células das baterias que possuem tensão acima do valor de corte;

d) testes de carga e descarga nas células das baterias; e

e) classificação da célula das baterias.

20

Em uma realização preferencial, a desmontagem das baterias compreende a separação das células das baterias dos outros componentes, como placas de circuito impresso (PCI) e invólucros.

Em uma realização preferencial, a análise do aspecto superficial das células compreende a análise visual e procura por danos físicos à célula, e a aprovação das células não danificadas.

25

Em uma realização preferencial, a verificação da tensão das células das baterias compreende a medição da tensão nas células e o descarte de baterias com tensão abaixo do valor de corte.

30

Em uma realização preferencial, os testes de carga e descarga nas células das baterias compreendem a realização de ciclos de carga e descarga

rápidos e lentos, a classificação das células conforme seu desempenho e a eliminação das células com desempenho inferior ao mínimo estabelecido.

É um objeto adicional da presente invenção um aparato para análise de estado de baterias recarregáveis compreendendo:

- 5
- a) meios para verificação da tensão das células das baterias;
  - b) meios para testar a carga e descarga nas células das baterias;
  - c) meios para funcionalidade, controle e indicação do estado das células nas baterias utilizando o aparato.

10 Em uma realização preferencial, os meios para funcionalidade do aparato compreendem a carcaça do painel, os circuitos de carga e descarga, os cabos e os conectores.

Em uma realização preferencial, os meios para controle do aparato compreendem botões, chaves seletoras e potenciômetros.

15 Em uma realização preferencial, os meios para indicação e sinalização compreendem LEDs de indicação, voltímetros e amperímetros.

Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

## 20 **Breve Descrição das Figuras**

A Figura 1 mostra o desempenho nos ciclos de carga e descarga das células de NiMH, onde (FR) é a frequência relativa e (V) é a tensão.

25 A Figura 2 mostra ciclos de carga para células de NiMH novas e aprovadas para reuso com conceitos A e C, onde (N) representa baterias novas, (A) baterias aprovadas com conceito A, e (C) baterias aprovadas com conceito C.

30 A Figura 3 mostra ciclos de descarga lenta para células de NiMH novas e aprovadas para reuso com conceitos A e C, onde (N) representa baterias novas, (A) baterias aprovadas com conceito A, e (C) baterias aprovadas com conceito C.

A Figura 4 mostra o esquema geral de funcionamento do método e/ou equipamento, onde: (Ap) "aprovadas"; (Re) "rejeitadas"; (A) "desmontagem das baterias"; (B) "motores vibracall"; (C) "placas de circuito impresso e componentes eletrônicos"; (D) "invólucro"; (E) "células internas"; (F) "verificação do aspecto visual"; (G) "verificação da tensão"; (H) "carga rápida"; (I) "descarga rápida"; (J) "carga lenta"; e (K) "descarga lenta".

A Figura 5 apresenta o projeto mecânico da bancada para testes em células de baterias, onde: (IV) isolador vermelho; (LED) diodo emissor de luz; (V) Voltímetro; (A) Amperímetro; (DJ) disjuntor geral; (SW) chave; (P) potenciômetro; (IP) isolador preto; (IV) isolador vermelho; e (F) fusível.

A Figura 6 apresenta o projeto elétrico da bancada para testes em células de baterias onde: (d) diodo; (Dj) disjuntor; (R) resistor; (S) chave; (C) capacitor; (P) potenciômetro; (H) diodo emissor de luz; (A) amperímetro; (V) voltímetro; e (Bat) baterias.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar algumas das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

### **Método de análise de estado de células de baterias recarregáveis**

O método de análise de estado de células de baterias recarregáveis da presente invenção compreende as etapas de:

- a) desmontagem das baterias;
- b) seleção visual das células das baterias em bom estado;
- c) seleção das células das baterias que possuem tensão acima do valor de corte;
- d) testes de carga e descarga nas células das baterias; e
- e) classificação da célula das baterias.

### **Desmontagem das baterias e extração das células internas**

A desmontagem das baterias da presente invenção compreende qualquer método de desmontagem de dispositivos, compreendendo, mas não

se limitando à abertura dos invólucros, extração das células das baterias e descarte dos outros componentes internos, como placas de circuitos impressos (PCI), componentes eletrônicos, entre outros.

#### Seleção visual das células das baterias em bom estado

5 A análise do aspecto visual das células das baterias da presente invenção compreende qualquer tipo de ensaio visual para a caracterização de algum objeto. Em especial, na presente invenção, compreende a busca por danos físicos visíveis à célula e o descarte de células consideradas em mau estado, ou seja, células que não podem ser reaproveitadas.

#### 10 Seleção das células das baterias que possuem tensão acima do valor de corte

A verificação da tensão das células da presente invenção compreende qualquer método utilizado para se medir a diferença de potencial elétrico entre dois pontos quaisquer. Em especial, na presente invenção, compreende a medição da tensão nas células através de voltímetros, a comparação com  
15 valores de corte e o descarte de células abaixo do valor de corte referente ao seu tipo de célula. Esse valor de corte é um valor determinado pelo tipo de célula e pelas características que são buscadas na célula, podendo variar de modelo para modelo.

#### Testes de carga e descarga nas células das baterias

20 Os testes de carga e descarga nas células das baterias da presente invenção compreendem quaisquer processos de triagem e avaliação de desempenho de armazenamento de energia. Em especial, a presente invenção compreende ciclos de carga e descarga rápidos e lentos, o monitoramento de variáveis durante o processo, tal como a resistência interna, tensão e corrente;  
25 a caracterização e o registro de dados de cada célula individual; e a classificação da bateria de acordo com o sistema de códigos desenvolvido.

#### Aparato para análise de estado de baterias recarregáveis

O equipamento para análise de estado de baterias recarregáveis da presente invenção compreende:

- 30 a) meios para verificação da tensão das células das baterias;  
b) meios para testar a carga e descarga nas células das baterias;



c) meios para funcionalidade, controle e indicação do estado das células nas baterias utilizando o aparato.

#### Meios Para Funcionalidade do Aparato

Os meios para funcionalidade do aparato compreendem qualquer tipo de carcaça, circuitos e meios para conectá-los. Em especial, na presente invenção, compreendem carcaça em formato painel, circuitos alimentados por fonte equipada com um transformador para rede 110 V ou 220 V protegido por disjuntor, com secundário alimentando ponte de Wheatstone com capacitor eletrolítico, e cabos e conectores para efetuar as ligações. A carcaça compreende um design que possibilita a aplicação de testes de carga e descarga diretamente em células de baterias descartadas.

#### Meios Para Controle do Aparato

Os meios para controle do aparato compreendem qualquer tipo de meios para entrada de dados a um sistema. Em especial, os meios para controle do aparato compreendem chaves seletoras e potenciômetros.

#### Meios Para Indicação e Sinalização

Os meios para indicação e sinalização da presente invenção compreendem qualquer meio para saída de dados de um sistema. Em especial, os para indicação e sinalização da presente invenção compreendem LEDs convencionais de ao menos dois tipos ou cores diferentes, amperímetros analógicos de 0/1A, e voltmímetros analógicos de 0/30V.

#### Exemplo 1. Realização Preferencial

A seguir é informado o procedimento para instalação de células na Bancada de Testes e operação segura.

A bancada foi projetada para possuir três saídas idênticas alimentadas por uma fonte geral de alimentação. Esta fonte foi equipada com um transformador para rede 110 V ou 220 V protegido por disjuntor bipolar de 6 A, sendo que o seu secundário alimenta uma ponte de Wheatstone de 10 A com capacitor eletrolítico de 2200  $\mu$ F x 63 V de modo a gerar uma tensão de saída de 35 Vcc.

Após a elaboração do projeto elétrico e mecânico, deu-se início a sua construção. Para ajuste de corrente e tensão cada saída tem três resistores, R1, R2 e R3 de 68  $\Omega$ , 33  $\Omega$ , e 10  $\Omega$  respectivamente. Cada um tem ligado em paralelo uma chave de "liga/desliga". A posição "liga" deixa a chave aberta e, a  
5 posição "desliga", a deixa fechada curto-circuitando a mesma.

Um transistor de potência permite o ajuste fino da corrente (de carga ou descarga) que é feito através de um potenciômetro. Um fusível individual de 2 A fornece a proteção contra curtos-circuitos em cada saída. Um voltímetro de 0/30 V e um miliamperímetro de 0/1 A em cada saída permitem visualizar as  
10 condições de operação. Cada saída também possui uma chave seletora de "carga" (LED vermelho) e, "descarga" (LED amarelo) para possibilitar a escolha de operação.

#### Instalação

Após a desmontagem das baterias, células são conectadas umas às  
15 outras através de fios soldados nas mesmas, certificando-se sempre de ligar o pólo positivo de uma com o negativo de outra.

Cada saída da bancada dispõe, na parte superior frontal, um isolador vermelho com jacaré positivo. Do mesmo modo, na parte inferior, há um isolador preto com jacaré negativo e, entre os isoladores, existem suportes  
20 isolados.

Antes de iniciar a instalação, a chave seletora "C/D" deve estar na posição central. Instala-se um conjunto de células em série em cada saída, fixando as mesmas nos suportes e deixando o pólo positivo para cima e o negativo para baixo. Deve ser observado que a quantidade de células ligadas  
25 em série não venha a ultrapassar 20V.

Liga-se o jacaré vermelho no pólo positivo e o jacaré preto no negativo, concluindo, assim, a instalação.

#### Operação

Primeiramente, coloca-se o seletor de tensão de acordo com a tensão  
30 110V ou 220V da rede local. Antes de ligar o disjuntor da bancada e de iniciar qualquer uma das etapas de carga ou descarga e, após verificar que as células

já estejam devidamente instaladas, em cada saída, colocam-se as três chaves das resistências na posição “liga”, gira-se o potenciômetro no sentido anti-horário até o fim para que o ajuste das correntes possa ser feito de forma crescente e controlado. Liga-se então o disjuntor da bancada e observa-se se o LED vermelho sinalizador de “Rede” também acendeu.

Para a operação de carga, coloca-se a chave seletora na posição “Carga”, observando se o seu respectivo LED sinalizador vermelho também se acende. Do mesmo modo, para a operação de descarga, coloca-se a chave seletora na posição “Descarga”, observando se o seu respectivo LED sinalizador amarelo também se acende.

Para realizar o ajuste das correntes tanto das etapas de carga quanto de descarga em cada saída, primeiro desliga-se o resistor R1 e faz-se um ajuste fino girando-se o potenciômetro bem devagar em sentido horário observando se o miliamperímetro atingiu a corrente  $I_c$  ou  $I_d$  desejada. Caso o ponteiro não apresente deflexão suficiente, gira-se o potenciômetro em sentido anti-horário até o fim e, então, desliga-se o resistor (R2) buscando-se novamente atingir a corrente  $I_c$  ou  $I_d$  desejada com o ajuste fino do potenciômetro. Caso o ponteiro ainda não apresente a deflexão necessária, então, gira-se o potenciômetro em sentido anti-horário, desliga-se o resistor (R3) repetindo-se a tentativa.

#### Ensaio com baterias descartadas de NiMH

Do total de células de baterias avaliadas na etapa de testes na bancada, aproximadamente 63% tinham valores de tensão maiores ou iguais a 0,7 V e foram aprovadas, enquanto que 37% foram rejeitadas por apresentarem valores menores que 0,7 V.

Os dados de cada célula são registrados e impressos na forma de etiquetas com códigos que identificam e qualificam as mesmas conforme a carga apresentada após os ciclos de carga e descarga em função dos níveis de tensão listados na Tabela 1. O código informa o nível de carga remanescente, a posição da célula, a saída na bancada e os conceitos obtidos nas etapas de descarga rápida e lenta.

Tabela 1 - Conceitos dados às células qualificando o desempenho das células durante os ciclos de descarga rápida e descarga lenta em função dos níveis de tensão.

Conceito		A	B	C	D	E	F	FF
Tensão (v) / Célula	NiMH	1,45 a 1,1	1,09 a 0,9	0,89 a 0,7	0,69 a 0,5	0,49 a 0,3	0,29 a 0,1	0,09 a 0
	Li-Íon	4,5 a 3,3	3,29 a 2,7	3,69 a 2,1	2,09 a 1,5	1,49 a 1,0	0,9 a 0,3	0,29 a 0

### 5 Comparações entre células novas e reutilizadas

Foram realizadas medições cronopotenciométricas comparando o desempenho das células novas com o das aprovadas para reuso com conceitos A e C nos ciclos de carga e descarga lenta.

10 Conforme se pode ver nas Figuras 2 e 3, onde são mostrados os ciclos para células de NiMH, no ciclo de carga os comportamentos das células novas e das aprovadas com conceitos A e C são semelhantes com uma diferença da ordem de centésimos de volts ao longo do ciclo. Já no ciclo de descarga, a diferença de comportamento entre as células na região de estado de carga baixo é muito mais evidente. As células novas levaram cerca de 3h15min para  
15 atingirem 1,15 V, enquanto que as aprovadas com conceitos A e C levaram cerca de 2h40min e de 2h05min respectivamente.

Para estimar a perda de capacidade devido à ciclagem das células aprovadas para reuso em relação à capacidade das novas, foram comparadas as diferenças de tempo na descarga lenta até a tensão do ponto de corte (considerado como 1,1 V para o sistemas de NiMH). Conforme os resultados  
20 listados na Tabela 2, células de NiMH aprovadas com conceito A apresentaram em média 82,5 da capacidade de suas respectivas células novas.

25 Tabela 2 - Perda de capacidade das células aprovadas para reuso em relação à capacidade de células novas.

		Tempo (min.)	Perda de Capacidade (%)	Capacidade disponível (%)

	Tensão de corte	Nova	A	C	A	C	A	C
NiMH	1,1	200	165	130	17,5	35	82,5	65

Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes, abrangidos no escopo das reivindicações anexas.

**Reivindicações****MÉTODO E APARATO DE ANÁLISE DE CÉLULAS ELETROQUÍMICAS  
RECARREGÁVEIS**

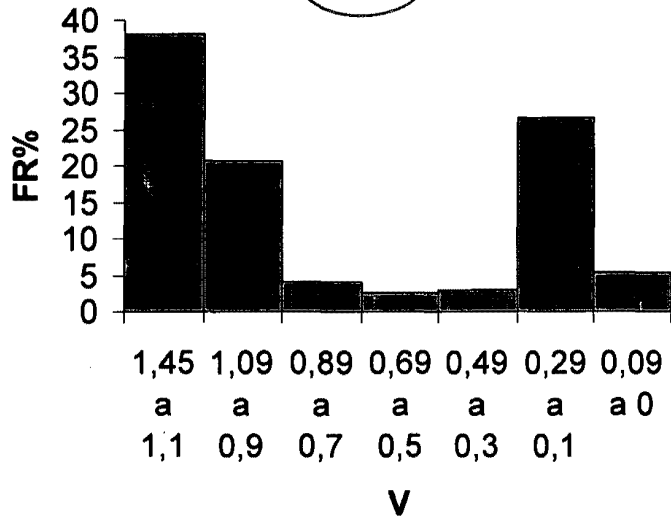
- 5           1. Método de análise de células eletroquímicas recarregáveis  
caracterizado por compreender as etapas de:
- a) desmontagem das baterias;
  - b) seleção visual das células das baterias em bom estado;
  - c) seleção das células das baterias que possuem tensão acima do
  - 10           valor de corte;
  - d) testes de carga e descarga nas células das baterias; e
  - e) classificação da célula das baterias.
2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de  
que a célula a ser analisada é de íons de lítio e/ou de níquel-hidreto metálico.
- 15           3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da  
verificação da tensão compreender a medição da diferença de potencial  
elétrico entre dois pontos quaisquer da célula.
4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pela medição  
ser por meio de voltímetro.
- 20           5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelos testes  
de carga e descarga compreenderem ciclos de carga e descarga rápidos e  
lentos.
6. Aparato de análise de células eletroquímicas recarregáveis  
caracterizado por compreender:
- 25           a) meios para verificação da tensão das células das baterias;
  - b) meios para testar a carga e descarga nas células das baterias;
  - c) meios para funcionalidade, controle e indicação do estado das  
células nas baterias utilizando o aparato.
7. Aparato, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por possuir
- 30           configuração em forma de painel.

8. Aparato, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pela verificação de tensão ser realizada por voltímetro.

9. Aparato, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por monitorar a resistência interna, tensão e/ou corrente durante os testes de carga e  
5 descarga.

**FIGURAS**

**Figura 1**



**Figura 2**

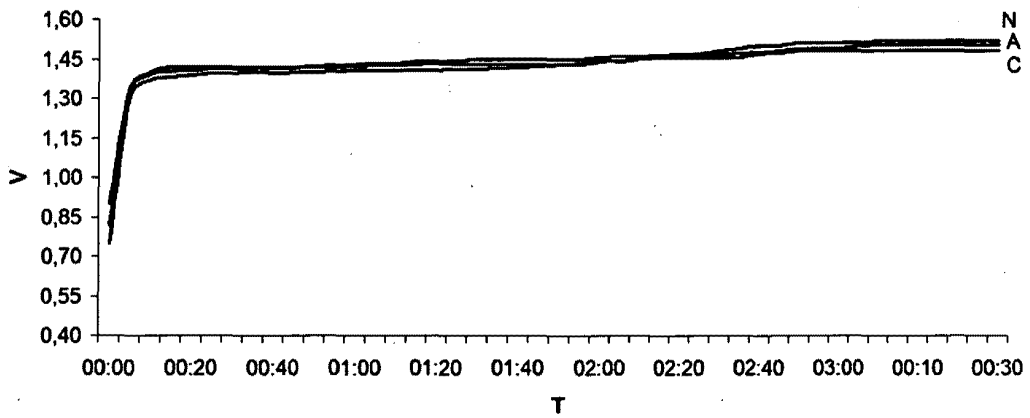




Figura 3

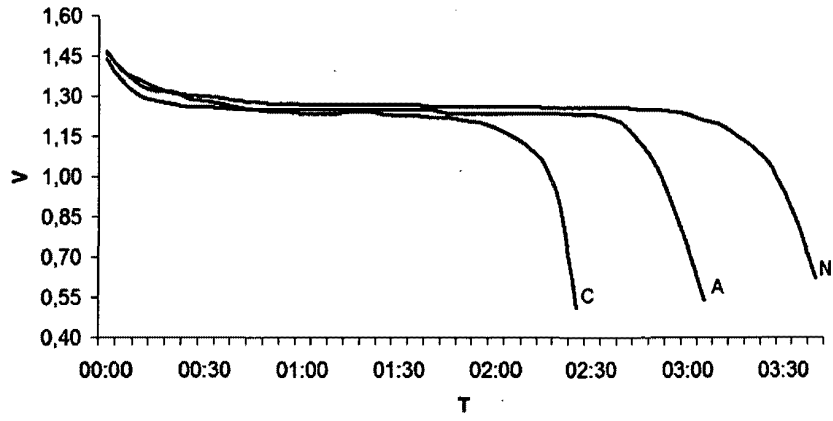


Figura 4

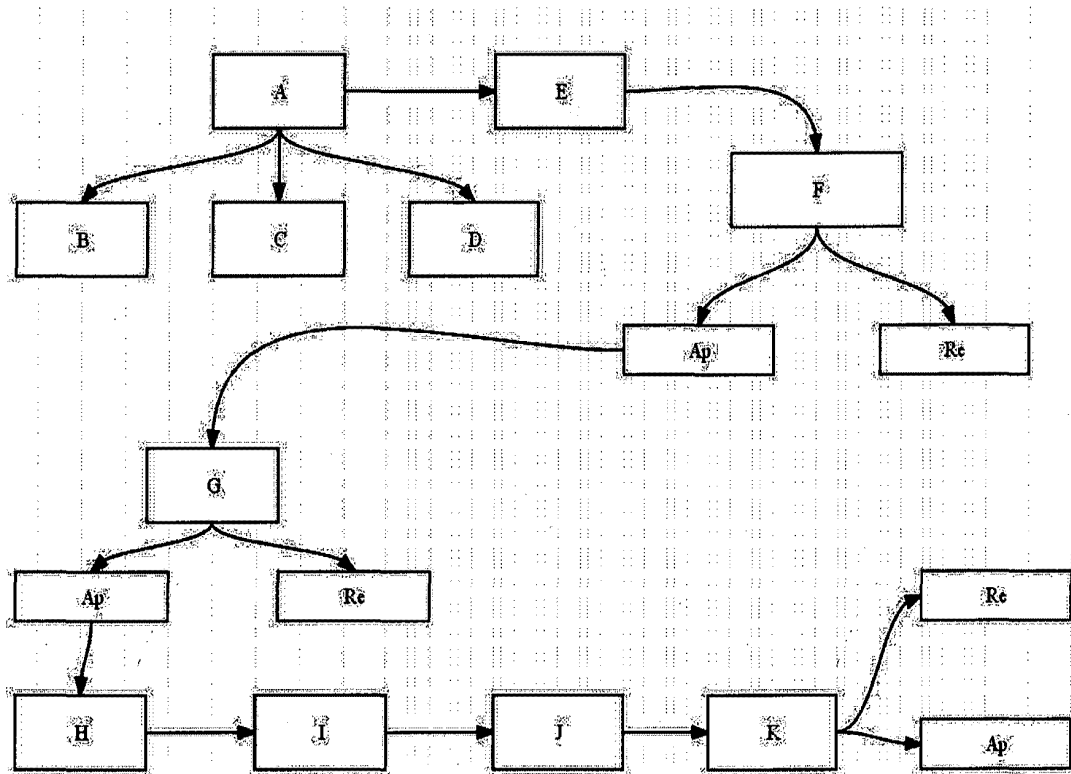


Figura 5

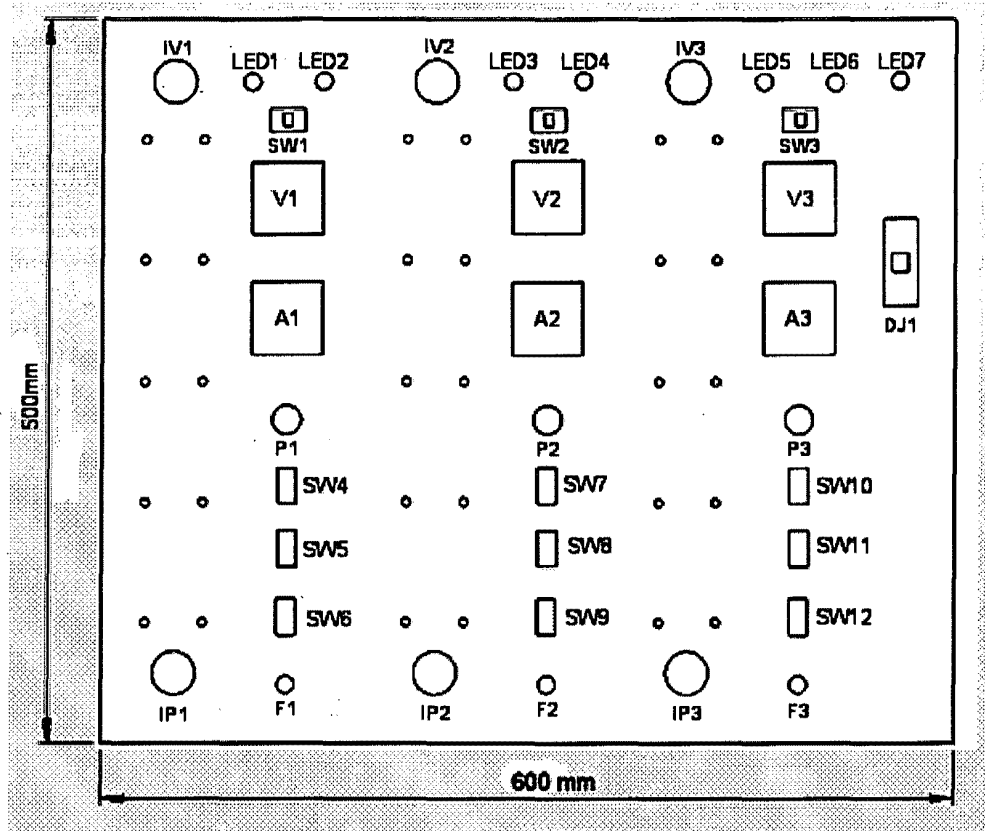
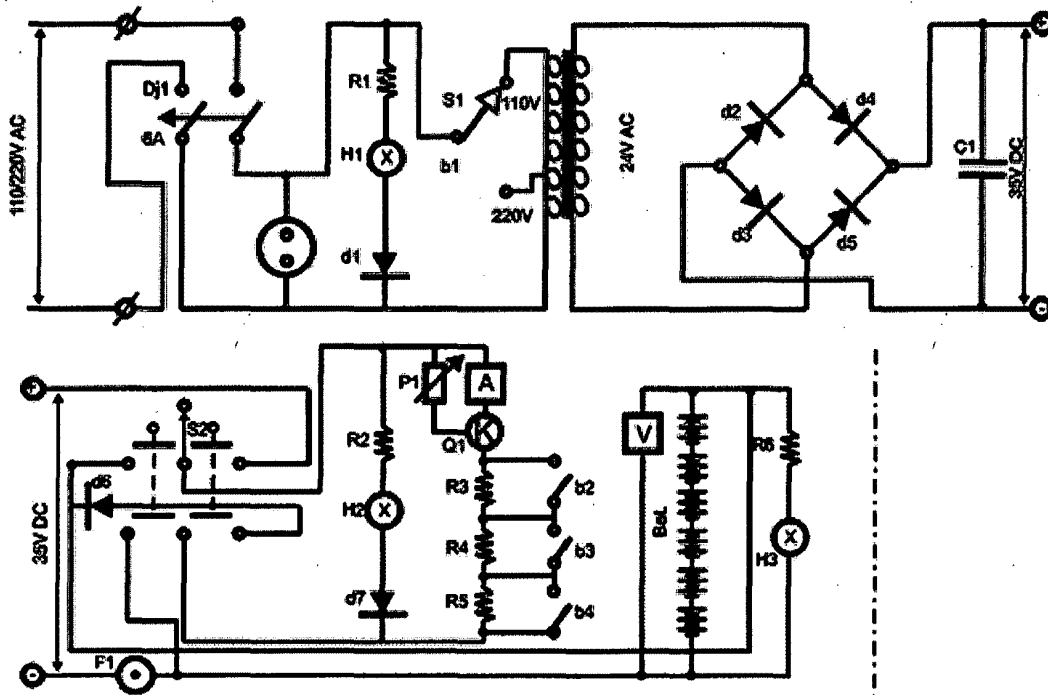


Figura 6



**Resumo****MÉTODO E APARATO DE ANÁLISE DE CÉLULAS ELETROQUÍMICAS  
RECARREGÁVEIS**

5           A presente invenção trata de um aparato e método para análise de  
estado de células de baterias recarregáveis e avaliação da possibilidade de  
reutilização das mesmas para outros propósitos sem a necessidade de passar  
por processo de reciclagem. Em especial, a invenção é direcionada a células  
de baterias de equipamentos portáteis, tal como celulares, *notebooks* e  
10 câmeras digitais.