



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

(21) **PI0904308-0 A2**



(22) Data de Depósito: 28/10/2009
(43) Data da Publicação: 28/06/2011
(RPI 2112)

(51) *Int.Cl.:*
H01M 6/36 2006.01

(54) Título: **TERMOBATERIA A BASE DE LÍQUIDOS IÔNICOS E SEU USO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

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

(72) Inventor(es): Crestina Susi Consorti, Jairton Dupont, Luiz Fernando Magalhães Reis, Reinaldo Simões Gonçalves

(57) Resumo: Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica O presente relatório descreve uma termobateria para a geração de energia elétrica. A termobateria descrita no presente relatório usa líquidos iônicos e emprega diferentes pares de Ions redox e diferentes eletrodos. Nesta invenção são descritos dispositivos eletroquímicas para a geração de energia elétrica a partir de uma diferença de temperatura entre dois eletrodos em que, entre eles, são colocados diferentes tipos de pares redox dispersados em diferentes tipos de líquidos iônicos, bem como diferentes metais utilizados como eletrodos. A termobateria revelada neste relatório consiste de uma semicélula que opera em temperatura baixa e uma semicélula que opera em uma temperatura mais alta. A termobateria pode, ainda operar sob diferentes condições, bem como, diferentes eletrólitos, que no caso consiste de líquidos iônicos, concentração do par redox, diferença de temperatura da semicélulas e, tempo de operação da célula em circuito aberto. Como descrito anteriormente, termobaterias utilizando líquidos iônicos como eletrólitos e solventes não foram, ainda, descritas na literatura técnica e científica. As termobaterias descritas neste relatório operam em temperaturas não muito altas, como nos casos das que utilizam sais fundidos e, nem muito baixas, como no caso das que utilizam água como solvente no preparo das soluções.



Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica.

Campo da invenção

5

A presente invenção descreve uma bateria que opera por diferença de temperatura (termobateria) que emprega líquidos iônicos como solventes e eletrólitos.

10 Antecedentes da invenção

As termobaterias são constituídas de um eletrodo que opera em baixas temperaturas e outro que opera em altas temperaturas. Entre eles se coloca uma solução contendo um par redox que irá sofrer uma reação de transferência de carga reversível. Os eletrodos mantidos a diferentes temperaturas constituem um catodo e um anodo.

Nas termobaterias os fenômenos de transporte são cruciais para uma boa performance do sistema, ou seja, enquanto em um eletrodo ocorre um acúmulo de uma espécie que está se formando, no outro ocorre o consumo desta mesma espécie. O transporte destas espécies deve ocorrer de forma contínua garantir a produção de eletricidade das termobaterias. No trabalho de Ikeshoji (Bull. Chem. Soc. Jpn., 60 (1987) 1505) foram testados os pares redox $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-/3-}$ ou $\text{Fe}^{2+/3+}$ dissolvidos em água, em uma termobateria que operava em temperaturas menores que 100 °C, utilizando eletrodos de platina. Foram relatados valores de força eletromotriz que variou de ± 20 mV a ± 50 mV com diferenças de temperaturas de 0 °C à 40 °C. Em outro trabalho onde se utilizou o par $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-/3-}$, também em meio aquoso e com eletrodos de platina, Gonçalves, R. S. e Ikeshoji, T. (J. Braz. Chem. Soc., 3 (1992) 98) o aumento da diferença de temperatura entre os eletrodos, elevou a força eletromotriz para ± 190 mV dependendo da posição da célula e da concentração dos sais do par redox. Outros experimentos com o par redox $\text{Fe}^{2+/3+}$, em meio aquoso e com eletrodos de platina, mostraram uma força eletromotriz de no máximo 60 mV

para uma diferença de temperatura de 140 °C, de acordo com o trabalho de Gonçalves, R. S. e Ikeshoji, T. (J. Appl. Electrochem., 23 (1993) 516). O trabalho de Quickenden, T. I. e Vernon, C. F., (Electrochim. Acta, 30 (1985) 799) explora o efeito de diferentes pares redox, sobre a eficiência de uma termobateria que opera em valores de 20 °C de diferença de temperatura utilizando eletrodos de platina. A separação entre os eletrodos de platina no sistema $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-/3-}$ afeta a eficiência de conversão de energia da termobateria, conforme se observa no trabalho de Mua, Y. e Quickenden, T. I. (J. Electrochem. Soc., 143 (1996) 2558); os mesmos autores verificaram a posição (vertical, horizontal com o eletrodo frio em baixo e horizontal com o eletrodo frio em cima) afeta a eficiência de conversão de energia desta mesma termobateria (J. Electrochem. Soc., 142 (1995) 3652); a utilização de membranas trocadoras de íons entre os eletrodos de platina, em uma termobateria que opera com o par $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-/3-}$ também foi avaliado nos trabalhos de Ogata, T. *et al.* (Denki Kagaku, 62 (1994) 1054 e J. Electrochem. Soc., 143 (1996) 1305); o uso de diferentes materiais como eletrodos também são relatados, como no trabalho de Shindo, K. *et al.*, (J. Power Sources, 70 (1998) 228) onde testou-se eletrodos de carbono não grafitizados em uma termobateria que utiliza o par Br_2/Br^- .

Um dos primeiros registros de patente de uma termobateria data de 1965, solicitada pela Siemens AG sob o número DE1639503-B; onde os detentores dos direitos exploram a utilização de um filme eletricamente isolante de óxido de alumínio sobre um lado de um prato metálico para formar as pontes de contato e semicondutores termoeletricamente efetivos. Em 1980 o inventor Robert L. Peck solicitou um registro de patente de um sistema de energia termoelétrico US 4211828, onde o autor explorou o uso de agentes complexantes dissolvidos na solução aquosa utilizada como eletrólito entre eletrodos de cobre. Em 1983, o mesmo inventor registrou outra patente US 4410605, onde se testou a geometria da célula e a adição de sílica (SiO_2) para atuar como uma barreira térmica. Em 1989 a empresa Matsushita Elec Ind Co Ltd (MATU) fez o registro de uma termobateria que foi concedida em 1997 com o número JP2600752-B2, onde se utilizou como catodo lítio ou liga de lítio,

como anodo sulfeto de ferro e como eletrólito um sal fundido. Em 1993 a Nippon Telegraph and Telephone Corporation fez um registro de patente EP 93402578.4 de uma bateria que opera com diferença de temperatura, a energia acumulada nos eletrodos seria liberada após o desaparecimento da diferença de temperatura entre eles. Em 2000 Edward F. Decrosta Jr. fez o registro de patente US 6136461 de uma célula de força termoelétrica, onde a conexão entre os eletrodos é feita com diferentes materiais feitos de nylon, poliéster, polietileno ou polipropileno, processados na forma de lâ, que são umedecidos com a solução aquosa do eletrólito. Em 2004 o mesmo autor Edward F. Decrosta Jr. fez outro pedido de patente US2004/0137284 A1 de uma célula termo galvânica modificada, que utiliza eletrodos ativos e inertes e soluções aquosas de eletrólitos contendo pares iônicos.

Segundo Y. Ito, T. Nohira, *Electrochimica Acta*, vol. 45, 2611 (2000), a utilização de líquidos iônicos é vantajosa pelo fato deles serem eletrólitos apróticos e possuírem uma ampla janela eletroquímica. Muitos destes sais fundidos apresentam uma faixa de potencial na qual são estáveis tão ampla que a deposição de metais alcalinos (limite catódico) e a evolução de gás halógeno (limite anódico) constituem seus limites de operação. Tais valores de janela eletroquímica utilizando como materiais de eletrodos platina e carbono vítreo também foram descritos por P. A. Z. Suarez, C. S. Consorti, R. F. de Souza, J. Dupont, R. S. Gonçalves, *Journal of the Brazilian Chemical*, vol. 13, 106 (2002).

Líquidos iônicos têm sido amplamente utilizados como eletrólitos de alta densidade de energia em baterias, conforme descrito por Y. Ito, T. Nohira, *Electrochimica Acta*, vol. 45, 2611 (2000). Porém não há relato na literatura sobre a utilização destes líquidos iônicos em termobaterias, objeto deste pedido de patente.

Sumário da Invenção

30

O presente relatório descreve uma termobateria para a geração de energia elétrica. A termobateria descrita no presente relatório usa líquidos

iônicos e emprega diferentes pares de íons redox e diferentes eletrodos. Nesta invenção são descritos dispositivos eletroquímicos para a geração de energia elétrica a partir de uma diferença de temperatura entre dois eletrodos em que, entre eles, são colocados diferentes tipos de pares redox dispersados em diferentes tipos de líquidos iônicos, bem como diferentes metais utilizados como eletrodos. A termobateria revelada neste relatório consiste de uma semicélula que opera em temperatura baixa e uma semicélula que opera em uma temperatura mais alta. A termobateria pode, ainda operar sob diferentes condições, bem como, diferentes eletrólitos, que no caso consiste de líquidos iônicos, concentração do par redox, diferença de temperatura da semicélulas e, tempo de operação da célula em circuito aberto.

Como descrito anteriormente, termobaterias utilizando líquidos iônicos como eletrólitos e solventes não foram, ainda, descritas na literatura técnica e científica. As termobaterias descritas neste relatório operam em temperaturas não muito altas, como nos casos das que utilizam sais fundidos e, nem muito baixas, como no caso das que utilizam água como solvente no preparo das soluções.

Descrição da Invenção

A força eletromotriz gerada por uma termobateria baseia-se na utilização de um meio iônico (líquido iônico) contendo um par redox. Este meio é aprisionado entre duas chapas de um mesmo metal (eletrodos), que são impedidas de se tocarem por meio de um anel de material não condutor. A diferença de temperatura entre as duas chapas induz ao aparecimento de uma força eletromotriz que é proporcional à diferença de temperatura entre os dois eletrodos. Os eletrodos mantidos a diferentes temperaturas passam a constituir um cátodo e um ânodo.

Na modalidade preferida desta invenção, a termobateria emprega eletrodos padrão, e o espaço entre os eletrodos é ocupado por um líquido iônico ou misturas de líquidos iônicos contendo um par redox.

Os líquidos iônicos utilizados nesta invenção são compostos de fórmula geral A^+X^- em que A^+ representa um cátion amônio quaternário ou um fosfônio quaternário, e X^- representa todos os ânions suscetíveis de formar um sal

líquido com esses cátions na temperatura de operação do dispositivo, onde se dispersem sais orgânicos e inorgânicos que apresentem de forma estável a estrutura oxidada e a reduzida. Esses ânions podem ser: cloreto, brometo, iodeto, tetracloindoato, perclorato, nitrato, tetrafluoroborato, tetracloroborato, 5 hexafluorofosfato, hexafluoroantimonato, fluoroarsenato, hexafluorotantalato, trifluorometanossulfonato, fluorossulfonato, tetracloalouminato, bis(trifluorometanossulfonil)imidato (NTf_2), diclorocuprato e ânions das famílias dicianamidas, percloratos, nitratos, sulfatos, sulfonatos, fosfatos, carbonatos, carboxilatos e silicatos não limitantes. Os cátions podem ser do tipo 1,3- 10 dialquilimidazólio, tetra-alkuilamônio, alquilpiridínio, alquilpirrolidínio, tetra-alkuilfosfônio. Na presente invenção, preferencialmente são usados os líquidos iônicos derivados dos cátions 1-butil-3-metilimidazólio (BMI) e N,N-butil-metilpirrolidínio (BMPy) associados aos anions BF_4 , PF_6 e NTf_2 . Os líquidos iônicos utilizados nesta invenção podem ser utilizados puros, na forma de 15 misturas de líquidos iônicos e na presença de água.

Os eletrodos empregados na configuração da bateria termoelétrica descrita na presente invenção compreendem materiais condutores como metais ferrosos e não ferrosos e suas ligas, bem como metais ativos e inertes e suas ligas. Estes materiais condutores podem ser preferencialmente platina, 20 cobre, alumínio, carbono vítreo, ouro, tungstênio, níquel, ferro, aço carbono, aço inoxidável, não limitantes e suas ligas.

Os pares redox empregados para a confecção do dispositivo descrito na presente invenção podem ser quaisquer combinações de espécies oxidadas/reduzidas estáveis nas condições operacionais do dispositivo. Estes 25 pares compreendem combinações de complexos ou sais de $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$, $\text{Cr}^{+2}/\text{Cr}^{+3}$, $\text{Sn}^{+2}/\text{Sn}^{+4}$, $\text{Cu}^{+1}/\text{Cu}^{+2}$, $\text{Ti}^{+1}/\text{Ti}^{+3}$, $\text{Mn}^{+2}/\text{Mn}^{+3}$, $\text{Ce}^{+3}/\text{Ce}^{+4}$ não limitantes, bem como outros pares redox inorgânicos como iodo/iodeto, bromo/brometo não limitantes, e, bem como pares redox orgânicos como benzoquinona/hidroquinona, não limitantes. Preferencialmente, os dispositivos 30 descritos na presente invenção operam com pares redox ferroceno/ferrocínio, benzoquinona/hidroquinona, ferrocianeto/ferrocianato não limitantes. Também podem ser utilizados pares redox do tipo quinona/hidroquinona,

ferroceno/ferrocínio, não limitantes, onde fragmentos catiônicos do tipo tetralquilamônio compreendendo imidazólio, piridínio, pirrolidínio não limitante ou tetralquilfosfônio estão covalentemente ligados a estrutura do par redox.

5 A concentração do par redox dispersado nos líquidos iônicos presente na termobateria descrita na presente invenção pode variar de 0 a 1000 mg de cada espécie por 1500 mg de líquido iônico, preferencialmente de 2 a 20 mg de cada espécie por 1500 mg de líquido iônico.

10 O dispositivo descrito na presente invenção pode operar com diferenças de temperatura entre os eletrodos de 1 a 500 °C, preferencialmente de 20 a 200 °C. As temperaturas do eletrodo denominado frio podem variar de -100 a 400 °C, preferencialmente de -20 a 50 °C. As temperaturas do eletrodo denominado quente podem variar de -99 a 401 °C, preferencialmente de 0 a 250 °C.

15 A estrutura da termobateria consiste de duas placas de metal (aço-inoxidável, alumínio, cobre, outros metais condutores de energia térmica não limitantes bem como suas ligas) mantidas a temperaturas distintas de modo que uma diferença de temperatura seja gerada entre uma placa e outra. Entre estas são posicionados os eletrodos em forma de placas. As soluções preparadas com líquidos iônicos contendo quantidades variadas dos pares
20 redox são colocadas em contato com os eletrodos no espaço gerado por um anel de material não condutor.

O dispositivo descrito na presente invenção pode operar em atmosfera inerte ou em contato com atmosfera normal.

25 A invenção pode ser mais bem compreendida através dos exemplos a seguir, não limitantes.

Exemplos

Os exemplos a seguir foram efetuados em uma célula contendo um compartimento gerado por um anel de material não condutor, com as seguintes
30 características: diâmetro interno = 1,20 cm; diâmetro externo = 1,60 cm; espessura = 0,20 cm de altura.

Exemplo 1

Ferroceno (9,4 mg) e hexafluorofosfato de ferrocínio (12 mg) foram dissolvidos em BMPy.NTf₂ (1529 mg). Esta mistura foi depositada entre dois eletrodos de platina e delimitada por um anel de material não condutor. Este conjunto se apoiou em um bloco de aço-inoxidável onde se introduziu uma resistência elétrica e um termopar. Este se constituiu na semicélula a ser aquecida que permaneceu na posição horizontal e, mantida na parte inferior da termobateria. Sobre este sistema se apoiou outro bloco de aço-inoxidável por onde circulava água fria termostalizada. Este conjunto se constituiu na semicélula fria que se manteve na posição superior da termobateria e, sempre na temperatura de 10 °C. Quando a diferença de temperatura entre a semicélula fria e a aquecida atingiu 13 °C, a força eletromotriz (fem) medida foi de 32 mV. Para uma diferença de 59 °C, a fem medida foi de 102 mV. Quando a diferença de temperatura atingiu 122 °C a fem medida foi de 207 mV.

Exemplo 2

Benzoquinona (22,6 mg) e hidroquinona (21,1 mg) foram adicionadas a BMI.BF₄ (1524 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1 forneceu uma força eletromotriz de 22 mV para um diferença de temperatura de 69 °C entre os eletrodos e de 129 mV para uma diferença de 77 °C.

Exemplo 3

Benzoquinona (8,9 mg) e hidroquinona (12 mg) foram adicionadas a BMPy.NTf₂ (1553 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1 forneceu uma força eletromotriz de 16 mV para um diferença de temperatura de 69 °C entre os eletrodos, 66 mV para uma diferença de 75 °C e de 151 mV para uma diferença de temperatura de 80 °C entre os eletrodos.

Exemplo 4

Benzoquinona (20,3 mg) e hidroquinona (10,4 mg) foram adicionadas a BMI.BF₄ (520 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1 forneceu uma força eletromotriz de 20 mV para

um diferença de temperatura de 9 °C entre os eletrodos e de 108 mV para uma diferença de temperatura de 70 °C entre os eletrodos.

Exemplo 5

5 Benzoquinona (10,9 mg) e hidroquinona (5,3 mg) foram adicionadas a BMI.BF₄ (540 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1 forneceu uma força eletromotriz de 25 mV para um diferença de temperatura de 41 °C entre os eletrodos e de 130 mV para uma diferença de temperatura de 70 °C entre os eletrodos.

Exemplo 6

10 Benzoquinona (14,9 mg), hidroquinona (6,3 mg) e água deionizada (168 mg) foram adicionadas a BMI.BF₄ (539 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1 forneceu uma força eletromotriz de 29 mV para um diferença de temperatura de 15 °C entre os eletrodos e de 162 mV para uma diferença de temperatura de 70 °C entre os eletrodos.

Exemplo 7

15 Neste experimento o líquido iônico (BMI.BF₄) foi adicionado diretamente sobre o eletrodo de platina sem adição do par redox. O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1 forneceu uma força eletromotriz de 3,3 mV para um diferença de temperatura de 18 °C entre os eletrodos e de 25 mV para uma diferença de temperatura de 101 °C entre os eletrodos.

Exemplo 8

25 Benzoquinona (10,1 mg) e hidroquinona (10,4 mg) foram adicionados a BMI.BF₄ (1530 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1, porem utilizados eletrodos de cobre, forneceu uma força eletromotriz de 65 mV para um diferença de temperatura de 87 °C entre os eletrodos e de 155 mV para uma diferença de temperatura de 92 °C entre os eletrodos.

Exemplo 9

30 Benzoquinona (10,1 mg) e hidroquinona (10,4 mg) foram adicionadas a BMI.BF₄ (1530 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1, porem utilizados eletrodos de alumínio, forneceu

uma força eletromotriz de 52 mV para uma diferença de temperatura de 7 °C entre os eletrodos e de 284 mV para uma diferença de temperatura de 42 °C entre os eletrodos.

Exemplo 10

5 Benzoquinona (8,9 mg) e hidroquinona (12 mg) foram adicionadas a BMPy.NTf₂ (1553 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1 forneceu uma força eletromotriz de 16 mV para uma diferença de temperatura de 69 °C entre os eletrodos e de 151 mV para uma diferença de temperatura de 80 °C entre os eletrodos.

10 **Exemplo 11**

Ferroceno (13,4 mg) e hexafluorofosfato de ferrocínio (12,8 mg) foram dissolvidos em BMPy.NTf₂ (1492 mg). O mesmo procedimento adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1, porem utilizando eletrodos de alumínio, forneceu uma força eletromotriz de 184 mV para uma diferença de temperatura de 16 °C entre os eletrodos e de 263 mV para uma diferença de 15 32 °C que permaneceu estável durante 3500 s.

Exemplo 12

Neste experimento o líquido iônico (BMPy. NTf₂) foi adicionado diretamente sobre o eletrodo de alumínio sem adição do par redox. O mesmo procedimento 20 adotado para a montagem da bateria descrita no exemplo 1 forneceu uma força eletromotriz de -12 mV para uma diferença de temperatura de 8 °C entre os eletrodos e de -8 mV para uma diferença de temperatura de 50 °C entre os eletrodos.

Reivindicações

- 5 1. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** caracterizada por compreender uma bateria que opera por diferença de temperatura e utiliza líquidos iônicos como solventes e eletrólitos.
- 10 2. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** de acordo com a reivindicação 1 caracterizada por compreender uma termobateria com estrutura física:
 - 15 a) Duas placas de um material condutor de eletricidade e de energia térmica mantidas a temperaturas distintas de modo que uma diferença de temperatura seja gerada entre uma placa e outra, dentro de um intervalo de temperaturas onde não se observe qualquer decomposição dos componentes da solução interna de eletrólito.
 - 20 b) Dois eletrodos (placas metálicas), que irão suportar a reação de transferência de elétrons, separados pelo material não condutor que é preenchido com as soluções dos pares redox em líquidos iônicos, e recobertas com as placas de material condutor mantidas a diferentes temperaturas.
 - c) Soluções preparadas com líquidos iônicos contendo quantidades variadas de pares redox com ou sem adição de água.
- 25 3. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelos líquidos iônicos poderem ser utilizados puros ou na presença de água.
- 30 4. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** de acordo com a reivindicação 1 caracterizada por compreender o uso de pares de íons redox e eletrodos.
5. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** de acordo com a reivindicação 3

caracterizada pelos líquidos iônicos compreenderem compostos de fórmula geral A^+X^- em que A^+ representa um cátion amônio quaternário ou um fosfônio quaternário, e X^- representa todos os ânions suscetíveis de formar um sal líquido com esses cátions na temperatura de operação do dispositivo, onde se dispersem sais orgânicos e inorgânicos que apresentem de forma estável a estrutura oxidada e a reduzida.

5

6. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** de acordo com a reivindicação 5 caracterizada pelos ânions poderem compreender cloreto, brometo, iodeto, tetracloindoato, perclorato, nitrato, tetrafluoroborato, tetracloroborato, hexafluorofosfato, hexafluoroantimonato, fluoroarsenato, hexafluorotantalato, trifluorometanossulfonato, fluorossulfonato, tetracloaluminato, bis(trifluorometanossulfonil)imidato (NTf_2), diclorocuprato e ânions das famílias dicianamidas, percloratos, nitratos, sulfatos, sulfonatos, fosfatos, carbonatos, carboxilatos e silicatos não limitantes e os cátions poderem ser do tipo 1,3-dialquilimidazólio, tetra-alquilamônio, alquilpiridínio, alquilpirrolidínio, tetra-alquifosfônio.

10

15

7. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** de acordo com a reivindicação 6 caracterizada pelos líquidos iônicos serem preferencialmente derivados dos cátions 1-butil-3-metilimidazólio (BMI) e N,N-butil-metilpirrolidínio (BMPy) associados aos ânions BF_4 , PF_6 e NTf_2 .

20

8. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** de acordo com as reivindicações 2,3,5-7 caracterizada por utilizar líquidos iônicos puros, na forma de misturas de líquidos iônicos e ou na presença de água.

25

9. **“Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica”** de acordo com a reivindicação 4 caracterizada por compreender eletrodos feitos de materiais condutores como metais ferrosos e não ferrosos e suas ligas, bem como metais ativos e inertes e suas ligas, preferencialmente platina, cobre, alumínio,

30

carbono vítreo, ouro, tungstênio, níquel, ferro, aço carbono, aço inoxidável, não limitantes e suas ligas.

10. "Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica" de acordo com a reivindicação 4

5 caracterizada por compreender pares redox estáveis nas condições operacionais do dispositivo, tais quais combinações de complexos ou sais de $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$, $\text{Cr}^{+2}/\text{Cr}^{+3}$, $\text{Sn}^{+2}/\text{Sn}^{+4}$, $\text{Cu}^{+1}/\text{Cu}^{+2}$, $\text{Ti}^{+1}/\text{Ti}^{+3}$, $\text{Mn}^{+2}/\text{Mn}^{+3}$, $\text{Ce}^{+3}/\text{Ce}^{+4}$, bem como outros pares redox inorgânicos como iodo/iodeto, bromo/brometo, e, bem como pares redox orgânicos como benzoquinona/hidroquinona, substituídos ou não com fragmentos catiônicos do tipo tetralquilamônio compreendendo imidazólio, piridínio, pirrolidínio ou tetralquifosfônio que estejam covalentemente ligados a estrutura do par redox.

11. "Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica" de acordo com a reivindicação 10

15 caracterizada pelos pares redox serem preferencialmente ferroceno/ferrocínio, benzoquinona/hidroquinona, ferrocianeto/ferrocianato.

12. "Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica" de acordo com as reivindicações 10-11

20 caracterizada por compreender pares redox dispersado nos líquidos iônicos em concentrações de 0 a 1000 mg de cada espécie por 1500 mg de líquido iônico, preferencialmente de 2 a 20 mg de cada espécie por 1500 mg de líquido iônico.

13. "Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica" de acordo com as reivindicações 1-12

25 caracterizada pela termobateria poder operar com diferenças de temperatura entre os eletrodos de 1 a 500 °C, preferencialmente de 20 a 200 °C sendo que as temperaturas do eletrodo denominado frio podem variar de -100 a 400 °C, preferencialmente de -20 a 50 °C e as temperaturas do eletrodo denominado quente podem variar de -99 a 401 °C, preferencialmente de 0 a 250 °C.

30

14. "Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica" de acordo com as reivindicações 1-13 caracterizada pelo dispositivo descrito na presente invenção que pode operar em atmosfera inerte ou em contato com atmosfera normal.

P 09104308-0

1/1

RESUMO

Termobateria a base de líquidos iônicos e seu uso para a produção de energia elétrica

5

O presente relatório descreve uma termobateria para a geração de energia elétrica. A termobateria descrita no presente relatório usa líquidos iônicos e emprega diferentes pares de íons redox e diferentes eletrodos. Nesta invenção são descritos dispositivos eletroquímicos para a geração de energia elétrica a partir de uma diferença de temperatura entre dois eletrodos em que, entre eles, são colocados diferentes tipos de pares redox dispersados em diferentes tipos de líquidos iônicos, bem como diferentes metais utilizados como eletrodos. A termobateria revelada neste relatório consiste de uma semicélula que opera em temperatura baixa e uma semicélula que opera em uma temperatura mais alta. A termobateria pode, ainda operar sob diferentes condições, bem como, diferentes eletrólitos, que no caso consiste de líquidos iônicos, concentração do par redox, diferença de temperatura da semicélulas e, tempo de operação da célula em circuito aberto.

Como descrito anteriormente, termobaterias utilizando líquidos iônicos como eletrólitos e solventes não foram, ainda, descritas na literatura técnica e científica. As termobaterias descritas neste relatório operam em temperaturas não muito altas, como nos casos das que utilizam sais fundidos e, nem muito baixas, como no caso das que utilizam água como solvente no preparo das soluções.

20