



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014022226-6 B1



(22) Data do Depósito: 08/03/2013

(45) Data de Concessão: 16/03/2021

(54) Título: BATERIA OU CÉLULA DE CHUMBO-ÁCIDO

(51) Int.Cl.: H01M 4/20; H01M 4/56; H01M 4/583; H01M 4/68; H01M 4/73; (...).

(30) Prioridade Unionista: 03/07/2012 US 61/667,626; 08/03/2012 US 61/608,259.

(73) Titular(es): ARCACTIVE LIMITED.

(72) Inventor(es): SHANE CHRISTIE; YOON SAN WONG; GRIGORY TITELMAN; JOHN ABRAHAMSON.

(86) Pedido PCT: PCT NZ2013000031 de 08/03/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/133724 de 12/09/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 08/09/2014

(57) Resumo: CONSTRUÇÃO DA BATERIA DE CHUMBO-ÁCIDO MELHORADA. As baterias compreendem uma construção de eletrodo de fibra de carbono da invenção e têm DCA e/ou CCA melhorados, e/ou podem manter o DCA com um número crescente de ciclos de carga-descarga e, assim, podem ser particularmente adequados para o uso em veículos híbridos.

"BATERIA OU CÉLULA DE CHUMBO-ÁCIDO".**CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] A invenção refere-se a uma construção de bateria melhorada para baterias de chumbo-ácido especialmente, mas não exclusivamente baterias automotivas para veículos híbridos.

ANTECEDENTES

[002] Uma bateria de Pb-ácido armazena e libera energia por reações eletroquímicas nas superfícies de seus eletrodos. Cada célula no estado completamente carregado contém eletrodos de chumbo (Pb) elementar e dióxido de chumbo (IV) (PbO_2) em um eletrólito de ácido sulfúrico diluído (H_2SO_4). No estado descarregado os dois eletrodos transformam-se em sulfato de chumbo (II) (PbSO_4) e o eletrólito perde seu ácido sulfúrico dissolvido e torna-se principalmente água. Na construção de placa colada cada placa consiste em uma grade de chumbo inicialmente preenchida com uma cola composta por uma mistura de óxido plúmbeo (Pb e PbO) e ácido sulfúrico diluído. Esta construção permite que ao ácido na cola reagir com o óxido plúmbeo dentro da placa durante a formação de células (primeiro ciclo de carga e descarga durante o qual as ligações ocorrem entre partículas vizinhas), aumentando a condutividade elétrica e área de superfície ativa e, portanto, a capacidade da bateria. A cola também pode conter negro de fumo, blanc fixe (sulfato de bário fino) e lignosulfonato.

[003] A hibridação do veículo conduzida pela crescente demanda mundial por menores emissões automotivas e/ou maior economia de combustível situa a demanda crescente em baterias de veículos, que são mais comumente baterias Pb-ácido. Por exemplo, a União Europeia estabeleceu uma meta de emissões a longo prazo de não mais de 95 g/km de dióxido de carbono para ser alcançado até 2020 para os veículos novos.

[004] Muitos motores de combustão interna novos (gasolina, diesel ou gás) também têm a funcionalidade de eliminação inútil - o motor é disposto para desligar quando o veículo está parado ou viajando a uma velocidade baixa. Tais veículos são referidos como veículos de parada-partida ou veículo micro híbridos. Cada reinicialização do motor retira a energia da bateria e se isso ocorrer mais rapidamente do que a energia possa ser substituída por recarga, durante apenas em períodos relativamente curtos do motor em de tráfego suburbano mensal, por exemplo, a carga da bateria (ou estado de carga) não será mantido. A corrente também é retirada da bateria durante os períodos em que o motor do veículo é desligado para manter outras funcionalidades do veículo, tais como ar condicionado, rádio etc.. (referido como "cargas de hospedagem"). A carga da bateria pode cair suficientemente que o sistema de gerenciamento de bateria do veículo irá, em seguida, substituir a funcionalidade de eliminação inútil para evitar qualquer novo motor de parada-partida até o estado da bateria de carga ter se recuperado. Assim, para manter a carga da bateria, por exemplo, no mesmo tráfego suburbano pesado, uma bateria para tal veículo de parada-partida ou micro híbrido deve ter uma taxa de aceitação (DCA) alta carga dinâmica, que se refere a taxa na qual uma bateria irá aceitar a carga.

[005] Veículos com um nível mais elevado de hibridização, incluindo veículos que compreendem tanto um motor de combustão interna e um motor elétrico normalmente compõem a frenagem regenerativa, em que a força de frenagem é aplicada por um gerador de energia elétrica que é armazenado na bateria do veículo. A bateria do veículo é carregada apenas pela corrente de frenagem regenerativa durante períodos de tempo em que o motor de combustão interna, que também dirige um gerador (que aqui inclui o alternador) que não está funcionando. Em frenagem regenerativa correntes de carga relativamente

alta são fornecidas para a bateria do veículo por períodos de tempo curto e, portanto, baterias para veículos híbridos com travagem regenerativa também devem ter alta DCA. Veículos elétricos completos também compõem a frenagem regenerativa.

[006] O sistema de carregamento de um veículo híbrido é disposto para usar o motor gerador para manter o estado de carga da bateria do veículo em menos de carga completa, tal como, por exemplo, cerca de 80% de carga, para que haja capacidade geralmente disponível para aceitar a energia de carga adicional de frenagem regenerativa. No entanto a bateria DCA então tipicamente declina ao longo do tempo com o aumento do número de descarga e ciclos de carga (a menos carga completa), com baterias AGM operando normalmente a aproximadamente 0,1 a 0,3 A/Ah (ou 0,1 a 0,3C) dentro de alguns milhares de ciclos. Esta perda na aceitação de carga reduz a capacidade de economia de combustível de veículo; montadoras querem idealmente uma bateria que pode aceitar até 2A/ah, ou até mesmo 3A/Ah ao longo do segundo período de 5 a 10 para maximizar potencial de economia de combustível partida/parada e frenagem regenerativa. No entanto, qualquer melhoria acima de 0,1 a 0,3 A/Ah é uma melhoria importante. Normalmente o sistema de carregamento de um veículo híbrido é organizado para permitir a bateria descarregar e depois (usando o gerador de motor a) carregar a bateria. Geralmente, o Sistema de Gerenciamento de Bateria irá periodicamente totalmente carregar totalmente a bateria (ou "recondicionar" da bateria) para restaurar a bateria DCA, tais como a cada três meses. Uma bateria de ácido-Pb ideal, particularmente para um veículo híbrido, manteria DCA sem a necessidade de carregamento completo periódico, ou pelo menos manteria uma taxa mais elevada de DCA entre ciclos de recondicionamento.

[007] Em uma bateria de chumbo-ácido o DCA é determinado, principalmente, pela reação de carregamento no eletrodo negativo.

[008] Uma bateria deve também cumprir outras exigências, tais como ter alta densidade volumétrica de energia. A densidade volumétrica de energia (VED) refere-se a energia fornecida por unidade de volume do eletrodo. Um sistema fechado de bateria de Pb-ácido também deve ter baixíssimo consumo de água. E uma bateria automotiva, em particular, deve ser capaz de fornecer alta corrente para o motor, iniciando, em baixa temperatura. Um teste de desempenho de partida a frio (CCA) testa a capacidade de uma bateria para fazê-lo.

[009] A Patente dos U.S. No. 7569514 descreve a utilização de carvão ativado como um eletrodo em uma bateria de tapete absorvente de vidro para superar sulfatação para, assim, aumentar a aceitação da dinâmica de carga da bateria.

[010] A Patente dos U.S. No. 4429442 descreve uma placa de bateria de chumbo-ácido, que compreende uma grade de metal e massa ativa e uma camada de material fibroso de carbono na parte lateral da massa ativa para melhorar a integridade mecânica da massa ativa.

[011] A Patente dos U.S. No. 4342343 descreve uma placa negativa da bateria de armazenamento de chumbo-ácido, com fibras de carbono interligados sobre a face de uma placa colada. Durante a fabricação, a capacidade de formação é reforçada protegendo as fibras a um suporte de papel e pressionando o mesmo à placa.

[012] A Patente dos U.S. No. 6617071 descreve um eletrodo tendo uma matriz polimérica condutora formada sobre a superfície de uma placa de rede onde a matriz polimérica condutora compreende partículas superfinais ou em nanoescalas do material ativo.

[013] Nossa publicação internacional do pedido de Patente WO2011/078707 divulga uma bateria de chumbo-ácido, que compreende um coletor de corrente como um material de filamentos fibroso condutor com baixo espaçamento interfibra e conduzindo correntes de

partículas com base em Pb anexadas às fibras, que proporciona melhor desempenho da bateria particularmente DCA.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[014] É um objeto de pelo menos algumas modalidades da invenção para fornecer eletrodos melhorados ou pelo menos alternativos e/ou células e/ou baterias especialmente, mas não necessariamente exclusivamente adequados para uso em veículos híbridos, e/ou métodos de fabricação do mesmo.

[015] Em termos gerais, em um aspecto da invenção que compreende uma bateria de chumbo-ácido ou célula, incluindo pelo menos um eletrodo (não composto ou composto), que compreende um coletor de carga um material fibroso condutor que compreende, quando totalmente carregado, porosidade (sendo o volume fracionário ocupado pelos poros entre o chumbo e fibras condutoras) de entre aproximadamente pelo menos aproximadamente 0,3, uma razão de carregamento em massa de chumbo (sob qualquer forma) para a massa de fibras condutoras, quando convertido para a relação do volume, na faixa de aproximadamente 0.7:1 ou aproximadamente 1: 1 a aproximadamente 15:1 ou 10:1 (cada uma pelo menos uma grande fração do eletrodo repetidamente mais de preferência substancialmente todo o elétrodo).

[016] Em termos gerais, em outro aspecto da invenção que compreende um método para a fabricação de uma bateria de chumbo-ácido ou célula que inclui a formação de pelo menos um eletrodo (não composto ou composto), que compreende como coletor de corrente um material fibroso condutor que compreende quando totalmente carregado, porosidade (sendo o volume fracionário ocupado pelos poros entre o chumbo e fibras condutoras) pelo menos cerca de 0,3, e, uma razão de carregamento em massa de chumbo para a massa de fibras condutoras, quando convertido em relação ao volume na faixa de cer-

ca de 0,7:1 ou cerca de 1:1 a cerca de 15:1 ou cerca de 10:1.

[017] Em algumas modalidades em que a porosidade é entre aproximadamente 0,3, aproximadamente 0,9, aproximadamente 0,3 e 0,85, mais de preferência entre 0,3 e 0,8, mais de preferência entre aproximadamente 0,5 e 0,98, mais de preferência entre aproximadamente 0,8 e 0,95.

[018] Em algumas modalidades da razão de carga de volume do material ativo, quando convertido para fibras condutoras Pb está entre cerca de 0,7:1 ou cerca de 1:1 e cerca de 7:1, ou cerca de 1,5: 1 e cerca de 5:1, ou cerca de 2:1 e cerca de 4:1.

[019] Normalmente a porosidade pode estar presente como corredores para formar entre o chumbo e carbono para permitir que as partículas de chumbo formar entre cada uma das fibras de carbono. Em algumas modalidades o espaçamento médio entre fibras condutoras é entre 0,5 e 10, mais de preferência entre aproximadamente de 1 e 5 diâmetros de fibras. Em algumas modalidades o espaçamento interfibra médio entre fibras é menor que 50 microns ou menor que 20 microns. De preferência o referido espaçamento interfibra médio é, em pelo menos uma grande fração de material e mais de preferência substancialmente todo o material. Em modalidades preferenciais o diâmetro da fibra média é menos de aproximadamente 20 ou menos de aproximadamente de 10 microns.

[020] Em termos gerais, em outro aspecto da invenção que compreende uma bateria de chumbo-ácido ou célula, incluindo pelo menos um eletrodo (não composto ou composto), compreendendo como um coletor de corrente, uma fibra condutora material composta, quando totalmente carregado, porosidade (sendo o volume fracionário ocupado pelos poros entre a pista e fibras condutoras) pelo menos aproximadamente 0,3 e uma proporção da carga do volume de chumbo (sob qualquer forma) para o volume de fibras condutoras (cada um ao longo

de pelo menos uma grande fração do eletrodo), que juntas definem um ponto em um gráfico de porosidade (eixo x) versus razão de carga do volume do chumbo para o volume de fibras condutoras (eixo y) que cai dentro de um espaço definido por uma linha no referido gráfico de um valor de porosidade do eixo x de cerca de 98%, com uma inclinação de cerca de $-1/0,02$ e a outra linha na gráfico disse um valor de porosidade do eixo x de cerca de 70%, com uma inclinação de cerca de $-1/0,3$.

[021] Em algumas modalidades a porosidade e a taxa de carregamento em massa de chumbo para a massa de fibras condutoras quando convertido em relação volume junto definem um ponto no referido gráfico que cai dentro de uma área definida por uma linha de um valor de porosidade do eixo x de aproximadamente 97%, com uma inclinação de cerca de $-1/0,03$ e outra linha de um valor de porosidade do eixo x de aproximadamente 80%, com uma inclinação de aproximadamente $-1/0,2$, ou uma área definida por uma linha de um valor de porosidade eixo x de 96% com uma inclinação de $-1/0,04$ e outra linha de um valor de porosidade eixo x de 85% com uma inclinação de aproximadamente $-1/0,15$.

[022] Em termos gerais, em outro aspecto da invenção que compreende uma bateria de chumbo-ácido ou célula, incluindo pelo menos um eletrodo não composto ou composto, compreendendo, como um coletor corrente, um material de fibra de carbono tendo uma fração de volume de fibra de carbono de menos de 40% e uma taxa de carregamento do volume de chumbo (sob qualquer forma) para o volume de fibras de carbono superiores a 0,5 (cada um ao longo de pelo menos uma grande fração do eletrodo e mais de preferência sobre substancialmente todos os eletrodos).

[023] Em algumas modalidades da fração do volume de fibra de carbono de menos de 30%, e a razão de carga de massa de chumbo para fibras de carbono convertidas para razão de volume é maior do

que 0,7, ou a fração de volume de fibras de carbono é inferior a 20% e a razão de carga de massa de chumbo para fibras de carbono convertidas para razão de volume é maior do que 1:1.

[024] Em termos amplos, num outro aspecto da invenção que compreende uma célula de bateria ou de chumbo-ácido, incluindo, pelo menos, um (composto) que compreende um coletor de carga, um material fibroso condutor e é constituído por uma grade metálica, o eletrodo também, um gerador de eletrólito massa ativa corrente, pelo menos, 20% do que está no material fibroso condutor.

[025] Em algumas modalidades de pelo menos 40%, 50%, 80% ou não mais de 80% da massa ativa está no material fibroso condutor. Assim, menos de 80%, 60%, 50% ou 20% da massa ativa pode ser disperso na grade de metal.

[026] Em algumas modalidades, o material fibroso condutor compreende um material de fibra de carbono e a grade metálica compreende uma grade de chumbo.

[027] Em algumas modalidades o material fibroso condutor está presente como múltiplas camadas de pelo menos uma de cada lado da grade metálica. Alternativamente, o material fibroso condutor está presente como uma única camada de um lado da grade metálica.

[028] A grade de metal pode ter uma área superficial semelhante ou ser de altura e largura de dimensões semelhantes particularmente em um plano maior, para o material fibroso condutor, mas em modalidades alternativas da grade metálica pode ter dimensões menores, por exemplo, de menor altura e dimensões de largura e pode incluir, por exemplo, uma tira de chumbo mais estreita entre duas camadas de fibra carbono maiores em ambos os lados respectivos.

[029] A(s) camada(s) de fibra de carbono está(estão) ligada(s) eletricamente à grade de metal de modo que a rede recebe corrente da(s) camada(s) de fibra de carbono e liga o eletrodo externo dos

mesmos.

[030] O material fibroso condutor pode ser um material tecido (compreendendo fibras de urdidura e em trama que se cruzam), um material entrelaçado ou um material não tecido, como um material de feltro. O eletrodo positivo ou eletrodos, o eletrodo negativo ou eletrodos ou ambos, podem ser formados de uma ou mais camadas de material fibroso condutor. De preferência a densidade do material fibroso condutor também é mais leve que a do chumbo. O material coletor de corrente pode incluir um material como um tecido ou de malha de fibra de carbono ou tecido de fibra de carbono feltradas ou o não tecido. Material coletor de corrente da fibra carbono pode ser tratado a temperatura suficiente para aumentar a condutividade de calor. O tratamento térmico pode ser por descarga de arco elétrico. Normalmente o material fibroso condutor tem dimensões comprimento e largura em um plano grande do material e profundidade perpendicular do referido maior plano do material. O material fibroso do coletor de corrente pode ter uma profundidade média do material pelo menos de 0,2 mm ou menos de 1 mm e/ou menos do que 5 mm ou 3 mm ou 2 mm. O coletor corrente pode incluir várias camadas de material fibroso condutor. O material coletor de corrente tem resistividade de massa inferior a 10 Ω mm e, de preferência, menos de 1 Ω mm ou 0,1 Ω mm.

[031] Em termos amplos, num outro aspecto da invenção que compreende uma célula de bateria ou de chumbo-ácido, incluindo, pelo menos, como um coletor de corrente de um material fibroso condutor, e que compreende uma grade de metal, o eletrodo que compreende também um gerador de corrente de eletrólito massa ativa, o material fibroso condutor tendo uma resistividade de massa de menos de 10 Ω mm.

[032] Pelo menos algumas modalidades, células e/ou baterias que são compreendidos por uma construção de eletrodo da invenção

podem ter tanto melhorado ou relativamente alto DCA e CCA, e/ou podem manter DCA ou uma taxa maior de DCA com um aumento do número de ciclos de carga-descarga, em, portanto, podem ser particularmente adequadas para uso em veículos híbridos. Células e/ou baterias da mesma ou outras modalidades da invenção podem também ou, alternativamente, reduzir o consumo de água e/ou VED melhorada ou relativamente alta e/ou maior duração da bateria.

[033] O termo "que compreende" como usado nesta especificação significa "consistindo pelo menos em parte". Ao interpretar cada instrução nesta especificação que inclui o termo "que compreende", características diferentes ou aqueles antecédidos pelo termo também podem estar presentes. Termos relacionados como "que compreende" e "compreendido" devem ser interpretadas da mesma maneira.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[034] A invenção é descrita ainda com referência às Figuras que acompanham a título de exemplo no qual:

[035] A Figura 1 é um gráfico de proporção de material ativo para carbono (proporção volumétrica) versus porosidade, para vários eletrodos negativos usado em uma célula de ácido de chumbo, todos confeccionados com material ativo, carregado em uma matriz de carbono,

[036] A Figura 2 é um gráfico de áreas da taxa de material ativo de carbono (proporção volumétrica) versus porosidade, que também inclui os vários eletrodos na Figura 1,

[037] A Figura 3a mostra esquematicamente um eletrodo de fibra de carbono com uma projeção para conexão externa do eletrodo formado sobre o material de fibra de carbono pressionando a carcaça, A Figura 3b mostra uma diferente forma de projeção com uma adição de guia, e a Figura 3c mostra um corte transversal de várias camadas de material de fibra de carbono com uma projeção,

[038] A Figura 4 mostra esquematicamente um eletrodo de uma

modalidade da invenção de um lado com um fio de metal ou fita anexada a um lado como um coletor de corrente em macroescala,

[039] A Figura 5 é um corte transversal esquemático através de um eletrodo de uma modalidade da invenção com um fio de metal ou fita anexado a um lado como um coletor de corrente em macroescala,

[040] A Figura 6 é um corte transversal esquemático através de um eletrodo é composta por duas seções de material de eletrodo de uma modalidade da invenção com um fio de metal ou fita incorporado ou impressado entre um coletor de corrente em macroescala,

[041] A Figura 7 é uma vista do corte transversal esquemático ilustrando a divisão de feltro para formar material de eletrodo de fibra de carbono de algumas modalidades da invenção,

[042] A Figura 8 ilustra esquematicamente uma forma do reator para a ativação contínua ou não contínua de um material de fibra de carbono para uso como um material coletor de corrente de acordo com a invenção,

[043] A Figura 9 é uma vista esquemática de perto dos eletrodos e o trajeto material entre os eletrodos do reator da Figura 8,

[044] A Figura 10 mostra um teste do algoritmo DCA referido na descrição subsequente do trabalho experimental,

[045] A Figura 11 mostra o desempenho de alta taxa de DCA de dois eletrodos compostos N359 e 371 referidos na descrição subsequente do trabalho experimental,

[046] A Figura 12 mostra o desempenho do CCA do eletrodo N349 referindo-se a descrição subsequente do trabalho experimental, como testado utilizando SAE J537 a uma taxa elevada de 310 mA/cm quadrado de área de superfície de eletrodo enfrentando outro eletrodo,

[047] A Figura 13 mostra a corrente versus sobrepotencial de carga (linha de Tafel) do eletrodo 411 referido na descrição subsequente do trabalho experimental, em comparação com um eletrodo

tradicional, demonstrando propriedades semelhantes ao consumo de água,

[048] A Figura 14 mostra a corrente versus sobrepotencial de carga (linha de Tafel) do eletrodo 305 referido na descrição subsequente do trabalho experimental, mas são mostrados menos propriedades de consumo de água desejável do que um eletrodo tradicional,

[049] A Figura 15 mostra o desempenho de alta taxa de DCA do eletrodo 409, um eletrodo longo de 60mm com um coletor de corrente do fio, referidas na descrição subsequente do trabalho experimental, o que demonstra o bom desempenho de DCA em comparação com um eletrodo tradicional,

[050] A Figura 16 mostra o desempenho de alta taxa de DCA do eletrodo 356 enquanto 60mm de comprimento, sem nenhum coletor de corrente de fio, referida na descrição subsequente do trabalho experimental, que tem desempenho DCA menos do que um eletrodo com um coletor de corrente do fio, mas ainda melhor do que um eletrodo tradicional,

[051] A Figura 17 mostra o desempenho de alta taxa de DCA para eletrodo 356 referido na descrição subsequente do trabalho experimental, após 35.000 ciclos iniciais (mostrado na Figura 16) e reduzido no comprimento de 30mm e então testados com a mesma densidade de corrente carga como antes e mostra o excepcional desempenho de DCA, e

[052] A Figura 18 mostra o desempenho de DCA do eletrodo 410 quando usando o teste de Axion DCA, em comparação com o desempenho de DCA típico de uma tradicional bateria de chumbo-ácido.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERENCIAIS

[053] Referindo-se à Figura 1, que é um gráfico da taxa de material ativo de carbono (proporção volumétrica) versus porosidade, em uma modalidade de uma bateria de chumbo-ácido ou célula de acordo

com a invenção inclui pelo menos um eletrodo que compreende um coletor de corrente um material fibroso condutor composto por porosidade (sendo o volume fracionário ocupado pelos poros entre o chumbo e fibras condutoras) quando totalmente carregado pelo menos 0,3 de uma taxa de carregamento em massa de chumbo (sob qualquer forma) para a massa de fibras condutoras, quando convertido em relação volume na faixa de sobre 0,7:1 ou cerca de 1:1 a cerca de 15:1 ou cerca de 10:1. (e supondo que a conversão completa de todo o material ativo de Pb quando totalmente carregada). Em algumas modalidades a porosidade é entre 0,3 e 0,9, entre sobre 0,3 e 0,85, entre sobre 0,3 e 0,80, entre sobre 0,5 e 0,98, entre sobre 0,7 e 0,95, entre sobre 0,5 e 0,98, ou entre 0,8 e 0,95 e o volume carregando a proporção do material ativo quando convertida para fibras condutoras Pb é entre aproximadamente 0,7:1 ou aproximadamente 1:1 e aproximadamente 7:1, entre aproximadamente 1,5:1 e cerca de 5:1, ou aproximadamente 2:1 e aproximadamente 3:1.

[054] A razão do volume de material ativo para o volume de carbono refere-se ao volume do Pb-contendo material ativo na matriz fibrosa condutora. A porosidade refere-se ao volume vazio entre as partículas do material ativo e a matriz fibrosa condutora, dividido pelo volume total. A relação do volume de sólidos contra a porosidade para um número de eletrodos diferentes descritos nos exemplos experimentais subsequentes é mostrada na Figura 1. A Figura 1 permite que diferentes matrizes porosas, variação do grau de enchimento porosidade esta matriz com material sólido ativo, por exemplo, na colagem e variação no estado de carga. Cada linha é desenhada entre a relação do volume e porosidade por duas formas extremas de torque ativo contidas em uma matriz de carbono determinada. Para a maioria dos ciclos eletroquímicos estas duas formas são Pb e PbSO₄. Eletrodos feitos com uma matriz de carbono específico ocupam uma única linha na ta-

bela e passam pelo ponto de matriz porosidade com nenhum material ativo. A extensão do carregamento de material ativo (e o formulário está em, por exemplo, PbSO_4 ou Pb) determina qual ponto sobre a linha (reta) o eletrodo é (atualmente) representada por, tendo em conta as diferentes densidades de diferentes formas, e quanto de cada um está presente. Por exemplo, se a matriz é inicialmente carregada com PbSO_4 e então totalmente carregada para Pb , que esta formação é representada por viajar ao longo de uma seção da linha, "totalmente descarregada" para "completamente carregada". Se a matriz é inicialmente carregada com PbO e então totalmente carregada para converter isso em Pb , em seguida, uma linha diferente é desenhada para representar o caminho de PbO para Pb . No entanto após esta primeira conversão para Pb , o caminho seguido em qualquer ciclo subsequentes seguirá a linha entre Pb e PbSO_4 . Assim, de descarga/carga de carga completa agora em diante será representada por percursos ao longo da mesma linha como quando inicialmente carregados com PbSO_4 . Só quando está completamente carregada (ou seja, em 100% Pb) será o eletrodo usando PbO como o precursor ser representado na linha de PbSO_4/Pb mais útil e, posteriormente, ou seja, durante os ciclos de mais, o caminho de eletrodo será nessa linha. As linhas de marcação 349, 363, 441 na Figura 1 são para eletrodos a construção do que é descrita nos exemplos experimentais subsequentes. Os pontos mais baixos de cada linha representam as condições onde todo o material carregado ativo foi convertido para Pb . No entanto após esta primeira conversão para Pb , o percurso seguido em qualquer ciclo subsequente seguirá a linha entre Pb e PbSO_4 . Assim, a descarga/carga da carga completa agora em diante será representada por caminhos ao longo da mesma linha como quando inicialmente carregado com PbSO_4 . Somente quando está totalmente carregada (ou seja em 100% Pb) será o eletrodo usando PbO como o precursor ser re-

presentado na linha de PbSO_4/Pb mais útil e, posteriormente, ou seja durante os ciclos adicionais, o percurso do eletrodo será nessa linha. As linhas rotulagem 349, 363, 441 na Figura 1 são para eletrodos a construção do que é descrita nos exemplos experimentais subsequentes. Os pontos menos elevados de cada linha representa as condições onde todo o material ativo carregado foi convertido em Pb.

[055] A porosidade dentro dos eletrodos de uma célula de chumbo-ácido ou bateria é importante para ambos contendo um dos materiais ativos — o ácido — e para permitir o acesso de íons para a superfície que fornece ou aceita elétrons. Expressamos este volume como a fração do volume total ('porosidade') da parte do eletrodo que contém o eletrólito. A proporção do volume de chumbo para volume de fibras condutoras tais como fibra de carbono refere-se ao equilíbrio entre a matéria (Pb) potencialmente capaz de ceder a carga ou aceitá-lo e a questão da fibra condutora, tais como fibra de carbono, fornecendo um canal para os elétrons e, opcionalmente, também uma superfície catalítica para as reações eletroquímicas. Esta relação pode ser expressa como uma relação de volume. Volume e razões de massa podem ser calculados para o estado totalmente carregado (onde só Pb existe) e estado totalmente descarregado (somente PbSO_4). Em carga normal de ciclo e descarga, a descarga termina antes de reagir 100% do PbSO_4 . Qualquer eletrodo dado pode ser caracterizado por dois parâmetros: 1. A porosidade de matriz antes de carregar com material ativo (ou mais convenientemente a fração de volume de matriz que é menos 1 esta porosidade) e 2. A relação de volume do material ativo e uma matriz de carbono quando o material ativo ter sido totalmente convertido para chumbo. Um parâmetro adicional pode ser representado no gráfico. A utilização de chumbo para fornecer a carga é a fração do total caminho percorrido de Pb para PbSO_4 que o eletrodo é capaz, durante a descarga.

[056] A razão do volume que é de importância para as taxas de reação é a porosidade do material de eletrodo e partículas que contêm chumbo. Esta porosidade é necessária para permitir os íons de ácido e Pb^{++} de se difundir para e a partir da superfície de reação.

[057] A Figura 2 é semelhante à Figura 1, mas também mostra linhas caracterizadas por determinadas frações de volume de matriz de carbono que definem áreas de relação de material ativo de carbono (proporção volumétrica) versus porosidade. A linha a1 marcada C = 2% estende-se de um valor de porosidade do eixo x de 98% com uma inclinação de $-1/0,02$ e linha a2 marcada C = 30% estende-se de um valor de porosidade eixo x de 70% com uma inclinação de $-1/0,3$. Eletrodos que, quando totalmente carregados, tem uma porosidade e uma razão de carga de massa de chumbo de fibras condutoras quando convertido em relação ao volume, que define um ponto na área entre as linhas a1 e a2 são eletrodos de modalidades da invenção.

[058] A linha b1 marcada C = 3% estende-se de um valor de porosidade do eixo x de 97% com uma inclinação de $-1/0,03$ e linha b2 marcada C = 20% estende-se de um valor de porosidade eixo x de 80% com uma inclinação de $-1/0,2$. Eletrodos que, quando totalmente carregado, tem uma porosidade e um em relação ao volume, que define um ponto na área entre as linhas de fibras condutoras quando convertido em relação ao volume que definem um ponto na área entre as linhas a1 e a2 são eletrodos de modalidades preferenciais da invenção.

[059] A linha c1 marcada C = 4% estende-se de um valor de porosidade do eixo x de 96% com uma inclinação de $-1/0,04$ e marcada de linha c2 C = 15% estende-se de um valor de porosidade eixo x de 85% com uma inclinação de $-1/0,15$. Eletrodos que, quando totalmente carregado, tem uma polaridade e razão de carga de massa de chumbo para a massa de fibras condutoras quando convertidos em relação ao

volume, que define um ponto na área entre as linhas a1 e a2 são eletrodos de modalidades mais preferidas da invenção. Em particular tais eletrodos podem ser utilizados para a formação de células e/ou baterias com melhorado ou relativamente alta DCA e CCA e podem também ter baixíssimo consumo de água, que são particularmente adequados para uso em veículos híbridos.

[060] A inclinação das linhas a1 & a2, b1 & b2 e c1 & c2 é descrita pela fórmula relativa polaridade e a relação entre a massa de chumbo à massa de fibra condutora:

$$R = \frac{1 - \phi_c}{\phi_c} - \frac{\epsilon}{\phi_c}$$

onde a porosidade é ϵ , R é a relação entre a massa de chumbo à massa de fibra condutora, e ϕ_c é a fração de volume da matriz de carbono. O ponto mais baixo desta linha é que descreve a condição total do chumbo, que podemos rotular como R_{PB} , ϵ_{Pb} .

[061] O desempenho de ciclo pode depender de manter um tamanho apropriadamente pequeno de partícula para as partículas Pb e PbSO₄ depois de muitos ciclos. Este tamanho de partícula pequena dá uma área de superfície suficiente para dissolução suficiente de PbSO₄ ou Pb dentro do Pb + + para dar as taxas e correntes necessárias, quando as partículas estão perto de uma superfície de fibra de carbono, que catalisa as reações de criação de corrente. O tamanho das partículas após muitos ciclos pode ser relacionado com o tamanho do afastamento interfibra entre as fibras condutoras, para que as partículas se encaixam entre eles. Assim, com fibras condutoras de menor diâmetro na mesma fração fibra volume total as lacunas entre estas serão proporcionalmente menores e também as partículas ativas serão proporcionalmente menores. Assim, áreas de superfície superiores e taxas mais elevadas podem ser alcançadas com fibras menores.

[062] Em relação à razão de tamanho de partícula de diâmetro da fibra condutora, enquanto as partículas alteram de tamanho extensivamente durante o ciclo de eletrodo, o tamanho da partícula final é um tanto independente do tamanho da partida. Entretanto, o tamanho inicial deve ser escolhido suficientemente pequeno para caber facilmente entre as fibras, tais como a menos de aproximadamente 10 microns para fibras de diâmetro de 7 ou 8 microns, por exemplo. Espera-se que a ação de erosão de cada fibra de carbono das partículas PbSO_4 circundante durante o carregamento mantenha estas de crescer mais sobre muitos ciclos. Assim, 'sulfatação' pode ser reduzida ou evitada e longo ciclo de vida obtido.

[063] Em um estado, o material fibroso condutor pode ser um material tecido (que compreende fibras de urdidura e em trama que se cruzam), um material entrelaçado ou um material não tecido, como material de feltro. O material coletor de corrente de preferência tem resistividade de massa inferior a $10 \text{ mm } \Omega$ e, de preferência, menos de $1 \text{ } \Omega \text{ mm}$ ou $0,1 \text{ } \Omega \text{ mm}$. O material pode incluir um material como um material de fibra de carbono ou tal como um tecido ou malha ou tecido não tecido ou fibra de carbono feltro. Matérias não tecidos com fibra de emaranhamento aleatória e interseções podem ser vantajoso em relação aos materiais de tecido com cruzamentos regulares de fibras de gráfico e de gráfico em ângulos retos.

[064] O material de fibra de carbono adequado pode incluir ou ser derivado de rayon, poliacrilonitrila, resina de fenol ou materiais de piche.

[065] Normalmente o material fibroso condutor tem comprimento e dimensões de largura em um grande plano material e espessura média perpendicular do referido plano maior do material, que pode ser, por exemplo, aproximadamente $0,2 \text{ mm}$ ou aproximadamente 1 mm e/ou menos de 5 mm ou menos de 3 mm ou menos de 2 mm .

[066] Em pelo menos algumas modalidades o material fibroso condutor também tem uma média de espaçamento entre fibras condutoras na faixa de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 10 vezes ou aproximadamente 1 e aproximadamente 5 vezes o diâmetro de fibras, ou menos de aproximadamente 20 microns, ou menos de aproximadamente 10 microns e um diâmetro de fibras condutoras de menos de aproximadamente 10 microns.

[067] O feltro ou outro material de eletrodo não tecido planar pode ser produzido a espessura muito baixa, como por exemplo, a 2,5 mm ou menos de espessura, dividindo o material mais grosso no plano. Ou seja, o material pode ser cortado em seu plano uma ou mais vezes para dividir um material não tecido mais grosso em várias folhas de comprimento e largura semelhantes, mas reduz a espessura para a folha de partida. Isso é ilustrado esquematicamente na Figura 6, que mostra a lâmina de corte fino 60 que passa continuamente ao redor e é conduzida por rolos de comando 61 e 62, no plano fatiado folha de feltro de carbono 63 na cama 64 para formar duas folhas de feltro de carbono do mesmo comprimento e largura, mas metade da espessura. Cada folha de carbono resultante pode estar ainda em um plano dividido.

[068] O material de fibra de carbono tecida pode ser tecido de estopa de fibra de carbono que foram 'rompida por estiramento' ou seja, uma estopa (maço) de um número maior de filamentos de fibra de carbono contínuo é esticado após a fabricação para quebrar filamentos contínuos individuais em filamentos mais curtos e separados longitudinalmente nas extremidades dos filamentos em cada pausa, que tem o efeito de reduzir a contagem de filamentos da estopa de fibra de carbono. A contagem do filamento reduzido resultante de estopa é torcida (como uma corda) para manter a integridade da estopa. Por exemplo, uma estopa de 50.000 filamentos contínuos pode ser rompida por esti-

ramento para produzir uma estopa mais longa composta por 600 filamentos individuais mais curtos que então está torcido, por exemplo.

[069] Em pelo menos algumas modalidades o material condutor fibroso é composto por filamentos de duração média na faixa de 3 a 50 mm.

[070] O eletrodo negativo ou eletrodos, o eletrodo positivo ou eletrodos ou ambos, de uma célula ou bateria podem ser formados como acima.

[071] Em modalidades preferenciais das fibras de coleta de material circulante condutores são inerentemente condutores. Em modalidades preferenciais das fibras do eletrodo são fibras de carbono. No entanto o material de fibra de carbono pode em algumas modalidades ser tratado para aumentar a condutividade. Em outras modalidades as fibras do eletrodo podem ser um material menos condutores de microescala, as fibras de que são revestidas com um revestimento condutor ou mais condutor. Em algumas modalidades, as fibras do material coletor de corrente podem ser revestidas com Pb ou um material à base de Pb. Por exemplo, o eletrodo negativo ou eletrodos podem ser revestidos com Pb e o eletrodo positivo revestido com Pb e em seguida em PbO_2 .

[072] De preferência o material coletor de corrente e as fibras respectivas são flexíveis, o que ajudará em acomodar as variações de volume do material ativo anexado ao material coletor de corrente durante o ciclo de bateria, e as fibras de microescala podem também reforçar o material ativo, ambas as propriedades, ajudando a reduzir rompimento ("derramamento") de material ativo do eletrodo em uso.

[073] Em algumas modalidades o material fibroso condutor compreende do único coletor de corrente do ou cada eletrodo.

[074] Como alternativa a ou cada eletrodo pode compreender uma grade de metal, como um coletor de corrente além do material

fibroso de fibra de carbono condutor. Em modalidades preferenciais o material fibroso condutor que compreende um material de fibra de carbono e a grade metálica é compreendido por uma grade de chumbo. As camadas de fibra de carbono condutoras são ligadas à rede de metal de modo a que a grade recebe uma corrente a partir da(s) camada(s) de fibra de carbono e liga o eletrodo exterior dos mesmos

[075] Os eletrodos negativo ou positivo ou ambos de cada célula podem incluir uma grade de metal.

[076] Onde o eletrodo é compreendido por uma grade metálica de preferência pelo menos 20% a massa ativa de eletrólito da geração corrente é dispersa através do material fibroso condutor. Em modalidades preferenciais pelo menos 40%, 50%, 80% ou mais de 80% da massa ativa são dispersas no material fibroso condutor. Assim, menos de 80%, 60%, 50% ou 20% da massa ativa podem ser dispersas na grade de metal (especificamente, dentro de suas aberturas).

[077] Em algumas modalidades pelo menos 20% mas não mais de 40% da massa ativa é dispersa através do material fibroso condutor.

[078] Em algumas modalidades o material fibroso condutor está presente como múltiplas camadas de pelo menos um de cada lado da grade metálica. Alternativamente, o material fibroso condutor está presente como uma única camada de um lado da grade metálica.

[079] A grade de metal pode ter uma área superficial semelhante ou ser de altura e largura de dimensões semelhantes particularmente em um plano maior, para o(s) material(is) fibroso(s) condutor(es), mas em modalidades alternativas da grade metálica pode ter dimensões menores, por exemplo, de menor altura e dimensões de largura e pode incluir, por exemplo, uma tira de chumbo mais estreita entre duas camadas de fibra carbono maiores em ambos os lados respectivos.

[080] Normalmente durante a construção da bateria ou célula, o

material coletor de corrente em microescala é impregnado sob pressão com uma cola, que de forma preferencial é composta por uma mistura de partículas de Pb e PbO de Pb e PbO e ácido sulfúrico diluído. Alternativamente, a cola pode compreender as partículas de sulfato (PbSO_4) de chumbo e ácido sulfúrico diluído. Em algumas modalidades a cola na impregnação em eletrodo compreende sulfúrico ácido diluído compreendendo entre mais que 0% e 5%, ou entre 0,25% e aproximadamente 3%, ou entre 0% e aproximadamente 2%, ou entre 0,5 e 2,5% no peso da cola de ácido sulfúrico. As partículas com base em Pb podem incluir partículas moídas ou formados quimicamente que possam ter uma média de tamanho igual ou inferior a 10 microns, pequeno suficiente para caber facilmente em espaços entre as fibras.

[081] A cola, pode opcionalmente conter outros aditivos tais como o negro de fumo, sulfato de bário e/ou um expansor como um lignosulfonato. O sulfato de bário age como um cristal de semente para cristalização de sulfato de chumbo, incentivando o chumbo a reação de sulfato de chumbo. Um expansor ajuda impedir a aglomeração de partículas de sulfato na placa negativa, por exemplo, formando uma massa sólida de sulfato de chumbo durante a descarga.

[082] Por exemplo, um expansor pode incluir entre aproximadamente 0,05% para aproximadamente 0,25% ou aproximadamente 0,09 a 0,2% ou 0,09% para 0,17% em peso da massa na impregnação. Verificou-se que a inclusão de um composto de expansor na cola pode ter um efeito benéfico sobre o desempenho no CCA, mas um efeito negativo no desempenho do DCA. Convencionalmente um expansor em uma concentração de cerca de 0,2% ou mais é adicionado à cola. Verificou-se que uma concentração de expansor de entre aproximadamente 0,09% para aproximadamente 0,15% em peso da cola na impregnação tem tanto bom desempenho DCA e CCA pode ser alcançado.

[083] A cola também pode incluir Ag, Bi, Zn ou um composto de qualquer um deles, como um agente antigaseificante.

[084] A cola pode ter viscosidade relativamente baixa, por exemplo, o fluxo ao invés de ser autoapoiado sobre uma superfície horizontal sob a gravidade, a impregnação no material do eletrodo. De preferência a cola tem uma consistência cremosa. Verificou-se que isto seja alcançado onde compreende a cola na impregnação para o eletrodo (maior que 0 mas) menos de 5% em peso de água.

[085] Para auxiliar a impregnação do material do eletrodo pela cola, uma vibração de baixa frequência, por exemplo, em menos de 2kHz ou menos de 1kHz ou na faixa de 50 a 500 Hz pode ser aplicada na cola ou no material do eletrodo ou em ambos. Ele também foi descoberto útil quando mistura as partículas com base no Pb, ácido sulfúrico e água da cola, para auxiliar a mistura pela vibração da cola durante a mistura.

[086] Durante a formação da célula inicial (primeiro ciclo de carga e descarga durante os quais as ligações de partículas ativas formam) após a construção da célula ou bateria, primeiro ocorre formação de célula por construir a estrutura de condução, tendo a maioria do Pb no material ativo negativo, construção normalmente com comprimentos de vários milímetros (conectando sequências de talvez mil ou mais partículas de tamanho micron de ponta a ponta). Nesta fase produz também pequenas partículas de PbSO_4 . Segundo, estas partículas menores anexam a esta estrutura condutora para fornecer e receber a corrente. Em conformidade com a invenção da grade Pb é substituída ou complementada por um coletor corrente fibroso de microescala e a cola é composta por PbSO_4 ou PbO ou partículas Pb (ou outras partículas de compostos de Pb), exigindo durante a formação substancialmente apenas anexar o Pb destes Pb contendo partículas para as fibras mais próximas em material coletor de corrente condutora a micro-

escala. Pode ser vantajoso que durante a formação da corrente de carga estar pulsada periodicamente.

[087] O material fibroso de coletor de corrente pode ser apoiado mecanicamente, e uma estrutura de apoio mecânico pode também fornecer ligação elétrica de cada eletrodo para os terminais de célula ou bateria (conexão de eletrodos externos). Por exemplo, uma ou mais camadas quadradas ou retangulares adjacentes do material coletor de corrente podem ser suportadas para formar uma placa de bateria planar por uma estrutura periférica metal por todos os lados, ou entre em frente de elementos de estrutura metálica em dois lados opostos. Como alternativa, por exemplo, placas concêntricas cilíndricas positivas e negativas de cada célula podem incluir seções cilíndricas do coletor corrente de microescala, apoiada nas extremidades cilíndrica circulares frames do metal. Geralmente todas as formas de conector externo são referidas neste documento como uma 'projeção'.

[088] A Figura 3a esquematicamente mostra eletrodo de fibra de carbono tecido 50 com uma projeção 51 para conexão externa do eletrodo formado sobre o material de fibra de carbono por pressão da carcaça, a Figura 3b mostra uma diferente forma de projeção com uma adição de guia 53 e c da Figura 3 mostra um corte transversal de várias camadas de material de fibra de carbono com uma projeção. A projeção é formada de metal como Pb ou uma liga Pb (doravante ambos conhecidos inclusive como Pb) mas pode ser formada de outro material que conecta eletricamente de preferência por penetração em e/ou entre o material fibroso. De preferência a projeção estende substancialmente totalmente ao longo de uma borda do eletrodo. Por exemplo, se o eletrodo tem uma forma quadrada ou retangular a projeção estende substancialmente o comprimento total de uma extremidade do eletrodo. De preferência a projeção é substancialmente não mais grossa do que o próprio material do eletrodo.

[089] Em algumas modalidades substancialmente todos ou pelo menos a maioria dos filamentos/fibras do material do eletrodo estendem continuamente o eletrodo entre ou para uma armação de metal ou elementos do quadro a que ambas as extremidades ou pelo menos uma das extremidades das fibras são conectados eletricamente. Um tecido de fibras contínuas pode ser o ideal.

[090] A conexão elétrica entre as fibras de carbono e a projeção ou quadro condutor deve ser uma junção de resistência mínima e de forma preferencial cada extremidade da fibra é cercada com um metal fundido que corrige fisicamente e conecta eletricamente a extremidade de fibra para a estrutura do metal, durante a construção da bateria ou célula. A estrutura do metal ou estrutura de elementos podem ser formadas por tiras de metal fundidas ao longo de uma ou mais bordas do material do eletrodo para cercar e incorporar as extremidades da fibra de refrigeração. Opcionalmente as fibras ou tecido podem continuar para além de um ou mais elementos de quadro em uma ou mais bordas para formar outro eletrodo adjacente ou seção de eletrodo. De preferência substancialmente todos ou pelo menos a maioria das fibras do eletrodo em uma direção ou no eixo do plano do material são eletricamente conectado a um elemento de estrutura metálica, não mais que 100 mm a 10 mm afastada onde a fibra começa no material ativo ou em ambas as bordas opostas do material. Esta distância ou o tamanho ou a área de cada seção de material coletor de corrente é determinada principalmente pela resistividade de massa do material coletor de corrente na direção mais condução. Se apenas uma borda do tecido é eletricamente conectada a um elemento de estrutura metálica, de preferência nesse sentido mais condução no tecido é alinhada perpendicularmente à borda conectada para minimizar a resistência geral. Para permitir maior densidade de corrente em um eletrodo sem perda significativa da capacidade, o comprimento do tecido da borda conectado

pode ser até cerca de 50 a 100 mm. Um frame do metal alternativa-mente pode incluir uma folha de metal com aberturas, em um ou am-bos os lados do material, deixando as aberturas ou janelas com exclu-sivamente fibras de carbono carregando a corrente e a coleta do mate-rial ativo que eles carregam. Por exemplo, um quadro de eletrodo de altura 200 mm, pode incluir duas janelas de altura cada 100 mm, com uma rede de condução deixada ao redor da borda, para que a distân-cia mais distante de qualquer trave é 50 milímetros. Para cada uma destas regiões de janela, tecido de carbono pode ser espalhado e anexado as barras cruzadas de metal e dentro das bordas.

[091] A Figura 4 mostra esquematicamente um eletrodo 55, de um lado com uma projeção 56 ao longo de uma borda semelhante à Figura 3. Nesta modalidade do eletrodo em um ou ambos os lados de um material de fibra de carbono que compreendem um fio de metal ou fita 57 eletricamente anexado condutivamente, ao material do eletrodo 55 e a projeção 56, para proporcionar um percurso de coleta de cor-rente adicional de macroescala a partir de fibra de carbono para a pro-jeção de metal 56, além dos caminhos de micro escala através o mate-rial de fibra de carbono em si do eletrodo. O fio de metal ou as fitas podem ser ligadas ao material do eletrodo, por exemplo, por alinhavo ou costura com um segmento que não se dissolverá no eletrólito, ou outro material inerte da ligação ácido da bateria de Pb que prenderá o coletor de corrente no lugar, como resina, cimento ou do substrato. O fio de metal ou fitas podem ser passadas para o material do eletrodo durante a fabricação. Alternativamente o fio ou fita ou similar pode ser soldado ao ou impresso sobre o material de eletrodo de fibra de car-bono. O fio de metal ou fita(s) podem ser dispostos dispostos em uma forma sinuosa em um ou ambos os lados do material de fibra de car-bono, como mostrado, estendendo continuamente entre a projeção 56 em uma borda do eletrodo, que beira o fio ou fita feito está ligada para

a projeção 56 por sendo incorporado da projeção e no ou em direção a outra borda espaçada do eletrodo como mostrado. Alternativamente o fio ou fita pode estender-se entre talões de metal ao longo de bordas opostas do eletrodo ou uma estrutura em torno do eletrodo. Alternativamente novamente separados comprimentos do fio ou fita podem estender-se desde a projeção em uma borda de ou para outra borda do eletrodo, ou alternativamente novamente o fio ou fita macrocondutor como descrito pode incluir uma malha de metal ligada a um ou ambos os lados do material da fibra do carbono.

[092] A Figura 5 é um corte transversal esquemático através de um eletrodo 55 com um fio de metal ou fita 56 anexada a um lado do material do eletrodo e a Figura 6 é um corte transversal esquemático através de um eletrodo composto de duas camadas 55a e 55b de material de fibra de carbono com um fio de metal ou fita 56 incorporado ou impressado entre. As fibras de carbono com fio de metal ou fita entre podem ser compactadas juntas durante a fabricação.

[093] Se formado a partir de cobre do fio ou fita ou malha ou similares, incluindo qualquer extremidade exposta respectiva devem ser protegidas da oxidação dentro da célula por revestimento com chumbo ou titânio ou outro metal inerte no ambiente ácido-Pb, por exemplo, imersão a quente, extrusão, ou galvanização. As extremidades do fio ou fita ou malha podem rescindir e ser incorporadas na projeção ou quadro periférico. É importante que, quando o coletor de corrente é sobre a superfície externa do eletrodo que age como o elétrodo negativo o coletor de corrente é protegida da oxidação anódica do elétrodo positivo.

[094] De preferência o fio ou fita corre acima e abaixo do comprimento do eletrodo com espaçamento igual em toda a largura do eletrodo sem quaisquer pontos de cruzamento, como indicado na Figura 3, para evitar pontos de acesso locais ocorrendo ou calor acumular em

particular áreas e uma coleção mesmo corrente através do eletrodo.

[095] De preferência o volume do fio ou fita ou malha ou similar sistema corrente macroescala de coleta é menos de aproximadamente 15% do volume do eletrodo (excluindo o talão ou em torno de armação de metal ou similar).

[096] Em algumas modalidades, os eletrodos da invenção, caso o composto (também incorporando uma grade metálica) ou não composto (sem uma grade de metal) tenha uma espessura (transversal a um comprimento e largura ou em dimensões do plano do eletrodo) muitas vezes tais como 10, 20, 50 ou 100 vezes menor do que ou qualquer dimensão do plano do eletrodo. A espessura do eletrodo pode ser inferior a 5 ou menos de 3 mm por exemplo. Cada uma das dimensões do eletrodo de comprimento e largura em plano podem ser maiores do que 50 ou 100 mm, por exemplo. Tais eletrodos têm uma forma planar com baixa espessura. Uma forma de eletrodo composto da invenção pode incluir uma grade metálica de cerca de 3,5 mm ou menos, tal como aproximadamente 0,5 mm de espessura, com uma camada de fibra de carbono de aproximadamente 2 mm de espessura ou menos, tal como aproximadamente 0,3 mm de espessura em ambos os lados.

[097] Em formas preferenciais, o eletrodo é substancialmente planar e tem uma dimensão de uma projeção metálica para conexão externa ao longo de pelo menos uma borda do eletrodo inferior a 100 mm ou menos de 70 mm, ou menos de 50 mm, ou aproximadamente 30 mm ou menos, por exemplo, (com ou sem um coletor de corrente macroescala). Como alternativa como uma forma de planar pode ser formada a partir de um eletrodo cilíndrico, por exemplo.

[098] O material de fibra de carbono para uso como o material do coletor da corrente do eletrodo pode ser tratado termicamente. O tratamento térmico também pode aumentar a condutividade térmica do material, que deve ser suficiente para evitar pontos de acesso locais

sobre o eletrodo em uso. As fibras de carbono são geralmente à base de hidrocarbonetos e durante a fabricação, aquecidas a cerca de 1100° C ou mais ("carbonizada"). Para uso como material coletor de corrente em baterias ou células da invenção, material de fibra de carbono pode ser aquecido ainda, geralmente na faixa de 2200 de 2800° C, para ampliar as regiões do carbono que já são aromáticas ou gráficas, aumentando a condutividade elétrica. O tratamento térmico para aumentar a condutividade elétrica e/ou térmica pode ser em uma fornalha resistivamente aquecida, por exemplo, ou pode ser por descarga de arco elétrico onde além de pelo menos algumas ou uma fração maior de carbono não gráfico a partir as fibras de carbono e não mais do que uma pequena fração de carbono gráfico, pode ser evaporada.

[099] O material coletor de corrente da fibra de carbono pode ser tratado à temperatura suficiente para aumentar a condutividade de calor. O tratamento térmico pode ser por descarga de arco elétrico. Em determinadas modalidades material de fibra de carbono pode ser tratado por descarga de arco, movendo o material de fibra de carbono para dentro de uma câmara de reação através de um arco elétrico em uma lacuna entre dois eletrodos ou passado um eletrodo para que um arco elétrico que existe entre o eletrodo e o material a uma temperatura eficaz para ativar o material. Na Figura 7, referência numérica 1 indica uma câmara do reator em que a descarga de arco é criada. Os eletrodos 2 e 3 projetam para a câmara do reator 1 e normalmente são montados por mecanismos de eletrodo-alimentação 4 como são conhecidos por aqueles versados na técnica, para que a posição do eletrodo 3, que talvez seja o ânodo e o eletrodo 2, que pode ser o cátodo (as posições do ânodo e cátodo podem ser invertidas), podem ser ajustados para criar o arco e em funcionamento, manter ou, se for necessário ajustar o arco. Um sistema de refrigeração 5 consistindo de tubo de cobre enrolado ao redor de cada eletrodo através do qual

água é circulada de bobinas também podem ser dispostas para esfriar o eletrodo. Material de fibra de carbono 8 passa entre eletrodos de 2 e 3 e através do arco durante a operação do reator, como mostrado. Isso é mostrado com mais detalhes na Figura 8. A corrente deve ser suficiente para vaporizar o carbono não grafítico, mas não aciona o modo de fixação do arco localizado a que se recomenda a operação entre 10 A e 20. O material pode entrar na câmara do reator através de uma fenda 12 na câmara do reator e sair através de uma saída semelhante da fenda 13 na câmara do reator do outro lado dos eletrodos. Está previsto um mecanismo para alimentar o material através da câmara do reator. Por exemplo, durante a operação do reator o substrato pode ser desenrolado de uma bobina 9 impulsionado por uma caixa de velocidades que está acoplada a um motor elétrico com um sistema de controle adequado. Durante a operação que no interior do reator é de preferência igual ou ligeiramente acima da pressão atmosférica e o fluxo de gás saindo do reator através da fenda 13 é extraída através de um filtro ou exaustor ou similar. Um gás inerte como nitrogênio, argônio ou hélio, por exemplo, é liberado através da câmara de reação, por exemplo, através da introdução de um fluxo de gás controlada dentro da câmara de reação 1 através de uma das aberturas 11 na base do reator. O ânodo, bem como o carretel que impulsiona a fita é de preferência ligado à terra. Qualquer mecanismo de adoção para coletar o substrato depois que passou através da câmara do reator é também, de preferência ligado à terra, como também é a concha do reator. Referindo-se a Figura 8, pode ser preferível para um eletrodo, que na Figura é o ânodo 3, deve ser posicionado para colidir com o substrato 8 tal que o substrato está tensionado contra esse eletrodo como substrato ultrapassa como mostrado esquematicamente. A descarga de arco elétrico pode vaporizar uma grande fração de carbono não grafítico e não mais do que uma fração menor de carbono grafítico do mate-

rial de fibra de carbono. O método pode ser efetuado na presença de um aditivo de metal introduzido, como um aditivo de Pb.

[0100] Um eletrodo de microescala em conformidade com a invenção com uma área de superfície interna dos poros pode fornecer capacidade suficiente para adicionar para carregar aceitação para além da contribuição da eletroquímica. Uma área de eletrodo que está bem úmida e acessível para o eletrólito de ácido pode contribuir mais do que uma capacitância de ordem de magnitude maior do que a dada pela área total da superfície de um material ativo convencional no eletrodo negativo de uma bateria de chumbo-ácido. Pode ter capacidade de dupla camada eletrolítica suficiente para absorver ou entregar vários segundos de alta corrente. Alternativamente, uma bateria da invenção pode compreender um eletrodo separado de elevada área superficial, que se pode compreender material de fibra de carbono tratado com arco conforme descrito neste documento, em paralelo para o ou cada eletrodo negativo ou positivo de célula, para adicionar ou aumentar a capacitância.

[0101] O tratamento térmico, por exemplo, descarga de arco elétrico pode aumentar a área de superfície dos poros e aumentar a capacitância. Também a aplicação e secagem então uma solução $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ em material de fibra de carbono antes do tratamento do arco pode aumentar o desenvolvimento de área de superfície (aparentemente através da oxidação). Alternativamente, o material pode ser ativado por ativação física como por vapor ou dióxido de carbono em temperaturas em torno de 1000°C , ou por ativação química por soluções de álcalis por exemplo. Ativação normalmente cria poros da nanoescala e mais tipicamente até 50 nm de diâmetro, no material ou na superfície do material. Materiais com extensivos poros menores que cerca de 1 nm pode não ser bons condutores eletrônicos. Poros de 1 nm a 10 nm podem fornecer a área de superfície necessária para uma capacidade

significativa, mas os poros bem distribuídos acima de 10 nm também são necessários para fornecer fácil acesso de difusão de íons para a condutividade do eletrólito adequado. Também é necessária condutividade elétrica suficiente dentro do sólido.

[0102] Em algumas modalidades materiais de fibra de carbono tem fixados os nanotubos de carbono (CNTs). O material do mancal CNTs pode ser produzido por tratamento de descarga de arco elétrico do material de fibra de carbono, ou alternativamente por deposição de vapor químico às temperaturas mais baixas na presença de um catalisador.

[0103] Como afirmado, em formas preferenciais adequadas para uso em células de veículos híbridos e/ou baterias, que compreende a construção de um eletrodo da invenção pode ter tanto melhorada ou relativamente alto DCA e CCA (DCA medido pelo teste Axion e CCA como medido, por exemplo, de acordo com o SAE J357 CCA, e/ou podem manter DCA ou uma taxa maior de DCA com o aumento do número de ciclos de carga-descarga e também pode ter baixíssimo consumo de água e também pode ter melhorado ou VED relativamente elevado e/ou a vida da bateria melhorada. Modalidades de células ou baterias da invenção podem manter DCA pelo menos 70% ou 80% ou 90% de DCA de partida (quando o primeiro totalmente carregado) depois de 5000 ou 10000 ciclos por exemplo. Modalidades de células ou baterias da invenção podem reter uma DCA média pelo menos 0,6 ou 0,7 ou 0,8 A /Ah por fase a 0,000 ciclos de carregamento usando o teste de DCA Axion. A capacidade de uma bateria é medida em amperes/horas, a utilização é a capacidade real da bateria dividida pela capacidade máxima teórica e modalidades das células ou baterias da invenção podem ter maior utilização como uma utilização de pelo menos 55%, 60%, 70% ou 80% ou mais.

Exemplos

[0104] A seguinte descrição de trabalho experimental que é dada a

título de exemplo ilustra adicionalmente a invenção. Em alguns dos exemplos um teste DCA é referido e a Figura 10 mostra o algoritmo de teste DCA, segundo os quais um teste de aceitação de carga dinâmica elevada taxa (DCAT) projetado para simular as demandas de stop/start de veículo micro híbrido no seu sistema de bateria foi aplicada a cada célula. O perfil de teste DCAT é um teste de tempo de vida acelerado, teste de tempo de vida destrutivo que é realizada em um estado constante de carga, que garante que o teste DCAT é independente das questões de calibração e sistema de teste associadas com esse sistema, evitando assim problemas de calibração, normalmente associados a outros protocolos de teste de vida. O teste DCAT empregado seguiu o perfil de teste Axion DCAT em um sistema de teste de Cadex C8000, onde o perfil de teste consiste das seguintes etapas:

- descarga de 0,51C por 60 s
- descarga de pulso de 3,15C por 1 s
- repouso de 10 s (no final dos quais PDRV (tensão de teste pós descarga) é medido)
- Período de carga dinâmica de 1,05C ajustado para manter o PDRV em um determinado ponto de ajuste
- 10 s de repouso.

[0105] Este perfil de ciclo descrito é iterado para uma contagem de ciclo de 30.000, que se traduz em um período típico de 6 semanas, embora este período é dependente do desempenho da bateria. Cada 5000 ciclos, uma carga completa, seguida por uma descarga profunda medido a capacidade do eletrodo. Para passar neste teste, a célula precisa ser capaz de percorrer o teste DCAT pelo menos 30.000 vezes, mantendo a capacidade pelo menos 2Ah. 30.000 ciclos é representante de uma vida de bateria em um micro híbrido de aproximadamente 3 anos.

Exemplo 1 - eletrodo composto de fibra de carbono de papel com gra-

de de Pb -N371

[0106] **Método:** Um eletrodo foi construído a partir de esteira de carbono de papel de carbono fibroso (Z-Mat produzida pela Zoltek) de espessura de 3 mm, fração de carbono em volume ~6%, peso específico ~ 312 g/m² e o comprimento da fibra de 25 mm. Duas peças foram cortadas nas dimensões de 44 milímetros * 70 milímetros e em seguida divididas em camadas mais finas para produzir camadas individuais de espessura média de 0,26 mm. O eletrodo foi construído colocando uma dessas camadas fibrosas de carbono em cada uma das duas superfícies de uma grade de chumbo.

[0107] A cola foi preparada com 23,2 g de óxido plúmbeo (lote de óxido plúmbeo comprado da Exide em 2009), 4,0 g de ácido sulfúrico diluído, 2,7g de solução aquosa Vanisperse A (expansora) com solução aquosa o suficiente de Vanisperse para atingir 0,10% em peso na cola preparada e 0,187 g de sulfato de bário. A cola foi misturada em um banho de ultrassom por 2 minutos (53 kHz de frequência, a temperatura do tanque de 23°C). Entre as camadas fibrosas foi colocado em uma placa lisa e grade de chumbo e foi então colocado no topo da camada fibrosa. A grade de Pb tinha espessura 2,02 mm, comprimento 66,3 mm, largura de 44,2 mm e fração de volume aberto ~81,6%. A cola foi espalhada sobre a superfície da grade de chumbo até que obteve-se uma distribuição suave de cola na superfície onde todos os bolsos da grade foram enchidos com a cola. Suficiente excesso de cola para encher parcialmente uma camada fibrosa, em seguida, foi espalhado sobre a superfície da grade colada e uma segunda camada fibrosa de carbono, em seguida, colocada em cima. O excesso de cola foi removido a partir de ambas as faces e as bordas laterais do eletrodo. A espessura total do eletrodo colado foi de aproximadamente 2,60 mm.

[0108] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo

composto era de 24,41 g onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era 2,695 Ah (isto é, 60% da capacidade teórica). Assumindo a cola penetrada/dispersa na grade e as camadas fibrosas uniformemente, 19,8% de NAM disperso nas camadas fibrosas do eletrodo e o restante estavam na grade de chumbo. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão média entre a massa de Pb ativa e o volume de carbono é 10,03. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 23 microns. Subsequentemente, o eletrodo foi seco pelo ar por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24°C) e, em seguida, o eletrodo colado foi montado numa célula contendo eletrólitos de 1,15 sg de H₂SO₄ com um eletrodo positivo (40% SOC) de cada lado. A célula foi deixada imersa por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24°C) e a formação de célula padrão foi realizada.

[0109] **Método(s) de teste e resultados:** O eletrólito foi substituído por 1,28 sg de H₂SO₄ e estabilizado sob quatro ciclos de descarga de corrente baixa (0,06C) antes de ser enviada ao DCA de taxa alta. O teste de aceitação de carga dinâmica de taxa alta (HR-DCAT) foi realizado nas células de acordo com o teste conforme descrito acima e conforme mostrado na Figura 10. Os resultados são mostrados na tabela 1 abaixo.

Exemplo 2 - eletrodo composto de tecido de fibra de carbono tratado em arco com grade de Pb -N359

[0110] **Método:** Um eletrodo foi construído por fita de fibra de carbono tecida à base de tecido de fibra de carbono PAN [poliacrilonitrila] (fabricado por TaiCarbon, Taiwan). O tecido foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras e 8. Este tecido tratado em arco tinha 136 g/m² de peso específico, tinha 0,38 mm de espessura, e tinha ~20% de fração de volume de carbono. Dois pedaços do tecido tratado em arco foram cortados no tamanho de 44 mm * 70 mm. Um pedaço do tecido tratado em arco foi

colocado numa placa de ultrassom e a grade de chumbo colocada sobre isso. A grade de Pb tinha dimensões de espessura de 1,94 mm, comprimento de 66,7 mm, largura de 44,4 mm, e fração de volume aberto de ~81,1 %. A cola foi preparada e o eletrodo foi colado e construído usando uma segunda camada do tecido de fibra de carbono, tudo preparado conforme descrito no exemplo 1. A espessura total do eletrodo colado era aproximadamente de 3,6 mm.

[0111] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo composto era de 28 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 2,99 Ah (isto é, 60% da capacidade teórica). Assumindo a cola penetrada/dispersa no volume vazio disponível da grade e as camadas fibrosas uniformemente, 28,1% de NAM disperso nas camadas fibrosas de carbono do eletrodo composto e o restante estavam na grade de chumbo. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão média entre a massa de Pb ativa e o volume de carbono é 3,20. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 15 microns.

[0112] Subsequentemente, o eletrodo foi seco ao ar, montado numa célula, a célula foi deixada imersa, e em seguida a carga de formação e estabilização foram realizadas na célula, tudo conforme descrito no exemplo 1.

[0113] **Método(s) de teste e resultados:** O eletrólito foi substituído por 1,28 sg de H_2SO_4 e estabilizado sob quatro ciclos de descarga de corrente baixa (0,06C) antes de ser enviada ao DCA de taxa alta. O teste de aceitação de carga dinâmica de taxa alta (HR-DCAT) foi realizado nas células de acordo com o teste conforme descrito acima e conforme mostrado na Figura 10. Os resultados são mostrados na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - compara os resultados do teste de DCAT dos eletrodos exibidos nos exemplos 1 e 2 acima.

Eletrodo	Material do eletrodo	Espessura do eletrodo	Massa de cola no eletrodo	% de NAM em CF	Resultados de DCAT
N371	Papel de fibra de carbono com aproximadamente 6% de fração de volume Grade de Pb - Industrial	2,62 mm total (grade de Pb 2,02 mm, CF (0,52 mm composto de 2 camadas)	24,41 gm	19,8 %	Forte declínio no desempenho a partir do início no teste.
N359	Fita de fibra de carbono tecida de PAN tratado em arco com aproximadamente 20% de fração de volume de carbono	2,7 mm total (1,94 mm de grade de Pb, CF 0,76 mm composto de 2 camadas)	27,1 g	28,1%	Célula ainda operando acima de 2Ah em 35.000 ciclos

Exemplo 3 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco, razão de massa ativa/volume de carbono ~ 2,698 - N363 - ver as Figuras 1 e 2

[0114] **Método:** Um eletrodo foi construído de camadas de fibra de carbono de feltro de carbono tratado em arco Sigracell KFD2.5 EA fabricado por SGL Carbon Company, Alemanha). O feltro foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. O feltro antes do tratamento em arco tinha um peso específico de 248 g/m^2 , espessura de 2,5 mm, e fração de volume de carbono de ~7%. O material após o tratamento em arco tinha 217 g/m^2 de peso específico, tinha 2,4 mm de espessura, e tinha ~6% de fração de volume de carbono.

[0115] O método de colagem para a única camada de feltro é diferente daquele descrito acima para as camadas de tecido. A cola foi preparada começando com 19,5 g de óxido de chumbo (lote de óxido de chumbo comprado da Exide em 2009) para a mesma composição conforme demonstrado nos exemplo 1 e 2 acima e seguidos pelo mesmo procedimento de mistura no lote de ultrassom sob as mesmas condições. O pedaço de feltro de carbono foi colocado na placa que foi usada para a colagem. Em seguida, a cola preparada acima foi espalhada sobre a camada de feltro até se obter uma distribuição lisa da cola na superfície. O pedaço de feltro foi então colocado sobre a placa de vibração de ultrassom para que a superfície não colada ficasse para cima e a cola foi distribuída nesta superfície usando uma espátula de plástico flexível. Vibração do ultrassom foi por ~50 segundos durante a colagem. (A placa de vibração por ultrassom fabricada por Skymen Cleaning Equipment Shenzhen Co. Ltd foi usada, a taxa de corrente na placa US usada foi de 1,75A, o eletrodo foi colocado cobrindo um ponto do transdutor na placa). O eletrodo colado foi invertido duas vezes enquanto o ultrassom estava em operação até que uma

distribuição lisa da cola parecesse ter sido obtida na superfície, mas onde a maior parte da cola tivesse penetrado no feltro.

[0116] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo composto era de 19,5 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 2,4 Ah (isto é, 66% da capacidade teórica).

[0117] As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo colado tinham 67,4 mm de comprimento, 45,6 mm de largura, e 2,44 mm de espessura. A carga de chumbo por volume alcançada (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de 1,91 g/cm³. No estado completamente carregado do eletrodo, a razão entre o Pb de massa ativa e o volume de carbono foi 2,698. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 36 microns.

[0118] Subsequentemente, o eletrodo foi seco ao ar, montado numa célula, a célula foi deixada imersa, e em seguida a carga de formação foi realizada na célula, tudo conforme descrito no exemplo 1.

[0119] **Método(s) de teste e resultados:** O eletrodo foi testado conforme descrito nos exemplos 1 e 2 com os resultados exibidos na Tabela 2.

Exemplo 4 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco, razão de massa ativa/volume de carbono ~ 4,52 - N439 - ver a Figura 12

[0120] **Método:** Um eletrodo foi construído de camadas de fibra de carbono de feltro de carbono tratado em arco (Sigracell KFD2.5 EA) fabricado por SGL Carbon Company, Alemanha. O feltro foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. O feltro antes do tratamento em arco tinha um peso específico de 248 g/m², espessura de 2,6 mm, e fração de volume de carbono de ~6%. O material após o tratamento em arco tinha 197 g/m² de peso específico, tinha 2,33 mm de espessura, e tinha ~6% de fração de volume de carbono.

[0121] Fios de Cu revestidos por chumbo de 0,38 mm de diâmetro foram usados como um coletor de corrente adicional para o eletrodo acima. Esses foram colocados na superfície do feltro manualmente ao longo do comprimento do feltro em forma de ziguezague com as tiras verticais uniformemente espaçadas ao longo da largura, antes de injetar a projeção. A projeção foi injetada no feltro para que a parte superior de cada zague do fio de Cu ficasse imerso na projeção e fixado à projeção.

Método de colagem:

[0122] A cola foi preparada com 23 g de óxido de chumbo (lote de óxido de chumbo comprado da Exide em 2009), 1,5 g de ácido sulfúrico diluído, 0,023 g de Vanisperse A (expansor) para obter 0,1% do expansor na cola e 0,184 g de sulfato de bário. O mesmo procedimento de mistura foi seguido para a preparação da cola e colagem conforme explicado nos exemplo anteriores de N363 e N364. Vibração do ultrassom foi por ~1,30 min durante a colagem. (A placa de vibração por ultrassom fabricada por Skymen Cleaning Equipment Shenzhen Co. Ltd foi usada, a taxa de corrente na placa US usada foi de 1,75A, e o eletrodo foi colocado cobrindo um ponto do transdutor na placa). O eletrodo colado foi invertido duas vezes enquanto o ultrassom estava em operação até que uma distribuição lisa da cola fosse observada na superfície, mas onde a maior parte da cola tivesse penetrado no feltro.

[0123] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 24,62 g onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era 3,077 Ah (isto é, 62% da capacidade teórica). As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo colado tinham 59 mm de comprimento, 45 mm de largura, e 2,7 mm de espessura. O carregamento de chumbo obtido por volume (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de 2,63 g/cm³. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão entre a massa de Pb ativa e o volume

de carbono é 4,52. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 40 microns.

[0124] Subsequentemente, o eletrodo foi seco pelo ar por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24°C) e, em seguida, o eletrodo colado foi montado numa célula contendo eletrólitos de 1,15 sg de H₂SO₄ com um eletrodo positivo (40% SOC) de cada lado. A célula foi deixada imersa por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24 °C). Em seguida, o carregamento de formação e a estabilização foram realizados de forma semelhante como para o exemplo 1.

[0125] **Testes e Resultados:** As células foram então transferidas para realizar os testes de descarga padrão (CCA) à temperatura ambiente e a -18°C usando o teste de SAE J537, conforme conhecido na indústria.

Exemplo 5 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco com um coletor de corrente adicional de fios de cobre revestidos por chumbo na superfície do feltro (aproximadamente 1 m do comprimento total) razão de massa ativa/volume de carbono ~3,63 - N411 - ver as Figuras 1 e 13

[0126] **Método:** Um eletrodo foi construído de camadas de fibra de carbono de feltro de carbono tratado em arco (Sigracell KFD2.5 EA fabricado por SGL Carbon Company, Alemanha). O feltro foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. O feltro antes do tratamento em arco tinha um peso específico de 248 g/m², espessura de 2,5 mm, e fração de volume de carbono de ~7%. O material após o tratamento em arco tinha 190 g/m² de peso específico, tinha 2,24 mm de espessura, e tinha ~6% de fração de volume de carbono.

[0127] Fios de Cu revestidos por chumbo de 0,38 mm de diâmetro foram usados como um coletor de corrente adicional para o eletrodo acima. Esses foram colocados na superfície do feltro manualmente ao

longo do comprimento do feltro em forma de ziguezague, onde as tiras verticais foram uniformemente espaçadas ao longo da largura.

[0128] A preparação da cola e a colagem foram descritas conforme acima para N363, exceto que um tempo US de 1 min 17 s foi usado.

[0129] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 17,08 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 2,15 Ah (isto é, 67,7% da capacidade teórica). As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo colado tinham 60,5 mm de comprimento, 44,1 mm de largura, e 3,6 mm de espessura. O carregamento de chumbo obtido por volume (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de 1,28 g/cm³. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão entre a massa de Pb ativa e o volume de carbono é 3,63. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 40 microns.

[0130] Subsequentemente, o eletrodo foi seco pelo ar por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24°C) e, em seguida, o eletrodo colado foi montado numa célula contendo eletrólitos de 1,15 sg de H₂SO₄ com um eletrodo positivo (40% SOC) de cada lado. A célula foi deixada imersa por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24 °C). Em seguida, o carregamento de formação e a estabilização foram realizados de forma semelhante como para o exemplo 1.

[0131] **Testes e Resultados:** A célula foi então transferida para fazer os testes de descarga em amperes à temperatura ambiente antes de enviar para o teste de consumo de água (Tafel). O teste Tafel padrão é descrito em Fernandez, M., Atanassova, P., ALABC Project ref 1012M, relatório nº. 1, Março-Agosto de 2011.

Exemplo 5 - eletrodo não composto de fibra de carbono tecida tratada em arco, razão de massa ativa/volume de carbono ~0,88 - N305 - ver a Figura 14

[0132] **Método:** Um eletrodo foi construído por fita de fibra de carbono tecida à base de tecido de fibra de carbono PAN [poliacrilonitrila] (fabricado por TaiCarbon, Taiwan). O tecido foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. Este tecido tratado em arco tinha 181 g/m^2 de peso específico, tinha 0,58 mm de espessura, e tinha ~18,4% de fração de volume de carbono. Quatro pedaços do tecido tratado em arco foram cortados no tamanho de 44 mm * 70 mm.

[0133] Antes do tratamento em arco, o material foi completamente molhado com solução aquosa de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, e seco durante a noite para que 2% de massa de Pb fossem depositados.

[0134] Essas quatro camadas foram então montadas uma embaixo da outra para que elas ficassem todas ligadas à cunha de chumbo para formar uma projeção conectante em uma de suas extremidades. Pedaços de 15 mm * 44 mm da solda nivelada (50% de Sn, 50% de Pb) foram colocados em três lacunas entre as quatro camadas e também dois nas duas superfícies externas. Uma fita larga de 25 mm de chumbo metálico (0,6 mm de espessura) foi então enrolada por fora das extremidades das quatro camadas, cobrindo a seção superior de 10 mm de cada camada. Esta construção foi colocada numa caixa metálica sob condições de ar inerte (caixa preenchida com nitrogênio) e colocada em um forno por ~1 hora sob 200°C. As coberturas de chumbo foram comprimidas após retirar do forno, proporcionando bom contato entre as fibras de carbono, a solda derretida e o chumbo. Desta forma, uma projeção foi formada na extremidade superior do eletrodo, conectando e segurando as camadas de tecido de carbono que poderiam se mover de forma flexível para tratamento posterior.

[0135] Para fabricar o material ativo, pó de PbSO_4 (tamanho médio de 4-5 μm após a trituração) foi misturado com ácido sulfúrico em baixa concentração (s.g < 1,05) para fabricar a cola de 77,3% de massa

de PbSO_4 . A projeção acima foi colocada sobre uma placa plana. A projeção foi colocada na placa de colagem segurando as três camadas superiores acima da placa enquanto a quarta camada permanecia plana sobre a placa. A cola foi aplicada na quarta camada sobre a placa plana. A próxima camada foi então liberada sobre a primeira camada. A cola foi distribuída sobre a superfície na segunda camada até atingir uma superfície lisa. O procedimento acima foi repetido para as próximas duas camadas. Em seguida, a construção inteira foi invertida sobre a placa que foi então vibrada com o ultrassom, o que fez com que a cola penetrasse e se distribísse uniformemente até que os espaços das fibras fossem preenchidos. Isto foi obtido durante um período de ultrassom de cerca de 30 s.

[0136] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 15,6 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 2,33 Ah (isto é, 62% da capacidade teórica).

[0137] As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo colado tinham 61 mm de comprimento, 44,7 mm de largura, e 2,22 mm de espessura. A carga de chumbo por volume alcançada (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de $1,402 \text{ g/cm}^3$. No estado completamente carregado do eletrodo, a razão entre o Pb de massa ativa e o volume de carbono é de 0,88. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 17 microns.

[0138] Subsequentemente, o eletrodo foi seco pelo ar por 24 horas à temperatura ambiente (18°C - 24°C) e, em seguida, o eletrodo colado foi montado numa célula contendo eletrólitos de 1,15 sg de H_2SO_4 com um eletrodo positivo (40% SOC) de cada lado. A célula foi deixada imersa por 24 horas à temperatura ambiente (18°C - 24°C). Em seguida, o carregamento de formação e a estabilização foram realizadas de forma semelhante como para o exemplo 1.

[0139] **Testes e Resultados:** A célula foi então transferida para

fazer os testes de descarga em amperes à temperatura ambiente antes de enviar para o teste de consumo de água (Tafel) assim como para o eletrodo 411. O teste Tafel padrão é descrito em Fernandez, M., Atanassova, P., ALABC Project ref 1012M, relatório nº. 1, Março-Agosto de 2011.

Exemplo 6 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco, razão de massa ativa/volume de carbono ~ 2,63 - N356 - ver a Figura 16

[0140] **Método:** Um eletrodo foi construído de camadas de fibra de carbono de feltro de carbono tratado em arco (Sigracell KFD2.5 EA fabricado por SGL Carbon Company, Alemanha). O feltro foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. O feltro antes do tratamento em arco tinha um peso específico de 248 g/m^2 , espessura de 2,5 mm, e fração de volume de carbono de ~7%. O material após o tratamento em arco tinha 217 g/m^2 de peso específico, tinha 2,47 mm de espessura, e tinha ~6,3% de fração de volume de carbono.

[0141] A preparação da cola e a colagem foram descritas conforme acima para N363, exceto que um tempo US de 1 min 26 s foi usado.

[0142] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 15,60 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 1,93 Ah (isto é, 67% da capacidade teórica). As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo tinham 61,02 mm de comprimento, 44,77 mm de largura, e 2,34 mm de espessura. O carregamento de chumbo obtido por volume (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de $1,75 \text{ g/cm}^3$. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão entre a massa de Pb ativa e o volume de carbono é 2,63. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 37 microns.

[0143] Subsequentemente, o eletrodo foi seco pelo ar por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24°C) e, em seguida, o eletrodo colado foi montado numa célula contendo eletrólitos de 1,15 sg de H₂SO₄ com um eletrodo positivo (40% SOC) de cada lado. A célula foi deixada imersa por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24 °C). Em seguida, o carregamento de formação e a estabilização foram realizados de forma semelhante como para o exemplo 1.

[0144] **Testes e Resultados:** A célula foi então transferida para fazer os testes de descarga em amperes na temperatura ambiente e a -18°C antes de ser enviada para o teste de HR-DCAT. Os resultados são mostrados na tabela 2 e na Figura 16.

Exemplo 7 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco, razão de massa ativa/volume de carbono ~3,68 - N409

[0145] **Método:** Um eletrodo foi construído de camadas de fibra de carbono de feltro de carbono tratado em arco (Sigracell KFD2.5 EA fabricado por SGL Carbon Company, Alemanha). O feltro foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. O feltro antes do tratamento em arco tinha um peso específico de 248 g/m², espessura de 2,5 mm, e fração de volume de carbono de ~7%. O material após o tratamento em arco tinha 183 g/m² de peso específico, tinha 1,98 mm de espessura, e tinha ~6,6% de fração de volume de carbono.

[0146] Fios de cobre revestidos por chumbo de 0,38 mm de diâmetro foram usados como um coletor de corrente adicional para o eletrodo acima. Esses foram colocados na superfície do feltro manualmente ao longo do comprimento do feltro em forma de ziguezague para que as tiras verticais ficassem uniformemente espaçadas ao longo da largura, antes de injetar a projeção. A projeção foi injetada no feltro de uma forma em que a parte superior (zague) de cada linha do fio se fixasse à projeção.

[0147] A preparação da cola e a colagem foram descritas conforme acima para N363, exceto que um tempo US de 1 min 10 s foi usado.

[0148] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 17,79 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 2,03 Ah (isto é, 61% da capacidade teórica). As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo tinham 63,5 mm de comprimento, 44,85 mm de largura, e 2,71 mm de espessura. O carregamento de chumbo obtido por volume (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de 1,66 g/cm³. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão entre a massa de Pb ativa e o volume de carbono é 3,68. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 45 microns.

[0149] Subsequentemente, o eletrodo foi seco pelo ar por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24°C) e, em seguida, o eletrodo colado foi montado numa célula contendo eletrólitos de 1,15 sg de H₂SO₄ com um eletrodo positivo (40% SOC) de cada lado. A célula foi deixada imersa por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24 °C). Em seguida, o carregamento de formação e a estabilização foram realizados de forma semelhante como para o exemplo 1.

[0150] **Testes e Resultados:** As células foram então transferidas para o teste de descarga padrão à temperatura ambiente antes de enviar para o teste de HR-DCAT. Os resultados são mostrados na tabela 2 e na Figura 15.

Exemplo 8 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco com um coletor de corrente adicional de fios de cobre revestidos por chumbo na superfície do feltro (aproximadamente 1 m do comprimento total), razão de massa ativa/volume de carbono ~ 3,797 - N410 - ver a Figura 18

[0151] **Método:** Um eletrodo foi construído de camadas de fibra de

carbono de feltro de carbono tratado em arco (Sigracell KFD2.5 EA fabricado por SGL Carbon Company, Alemanha). O feltro foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. O feltro antes do tratamento em arco tinha um peso específico de 248 g/m^2 , espessura de 2,5 mm, e fração de volume de carbono de $\sim 7,1\%$. O material após o tratamento em arco tinha 183 g/m^2 de peso específico, tinha 1,98 mm de espessura, e tinha $\sim 6,6\%$ de fração de volume de carbono.

[0152] Fios de cobre revestidos por chumbo de 0,38 mm de diâmetro foram usados como um coletor de corrente adicional para o eletrodo acima. Esses foram colocados na superfície do feltro manualmente ao longo do comprimento do feltro em forma de ziguezague, onde as tiras verticais ficassem uniformemente espaçadas ao longo da largura, antes de injetar a projeção. A projeção foi injetada no feltro de uma forma em que a parte superior de cada zague do fio de Cu se fixasse à projeção.

[0153] A preparação da cola e a colagem foram descritas conforme acima para N363, exceto que um tempo US de 1 min 11 s foi usado.

[0154] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 17,66 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 2,11 Ah (isto é, 64,4% da capacidade teórica). As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo colado tinham 61,71 mm de comprimento, 44,34 mm de largura, e 2,78 mm de espessura. O carregamento de chumbo obtido por volume (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de $1,67 \text{ g/cm}^3$. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão entre a massa de Pb ativa e o volume de carbono é 3,797. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 45 microns.

[0155] Subsequentemente, o eletrodo foi seco pelo ar por 24 horas

à temperatura ambiente (18°C-24°C) e, em seguida, o eletrodo colado foi montado numa célula contendo eletrólitos de 1,15 sg de H₂SO₄ com um eletrodo positivo (40% SOC) de cada lado. A célula foi deixada imersa por 24 horas à temperatura ambiente (18°C-24 °C). Em seguida, o carregamento de formação e a estabilização foram realizados de forma semelhante como para o exemplo 1.

[0156] **Testes e Resultados:** As células foram transferidas para submetê-las ao teste de descarga padrão à temperatura ambiente antes de enviar para o teste de Axion-DCA.

Exemplo 9 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco (espessura de ~1,3 mm) com um coletor de corrente adicional de fios de cobre revestidos por chumbo na superfície do feltro (aproximadamente 1 m do comprimento total), razão de massa ativa/volume de carbono ~ 4,893 - N441 - ver a Figura 1

[0157] Este eletrodo foi construído com camadas fibrosas de carbono usando feltro tratado em arco JX-PCF, fabricado por Heilongjiang J&X Co., Ltd. China. O feltro tinha um peso específico de 508 g/m², espessura de 4 mm, e fração de volume de carbono de ~7,5%. O material foi dividido em uma tira mais fina (cortando manualmente usando uma lâmina afiada) e no arco tratado conforme explicado nos exemplos anteriores. Após o tratamento em arco tinha 144 g/m² de peso específico, tinha 1,3 mm de espessura, e tinha ~6,4% de fração de volume de carbono.

[0158] Fios de Cu revestidos por chumbo de 0,38 mm de diâmetro foram usados como um coletor de corrente adicional para o eletrodo acima. Esses foram colocados na superfície do feltro manualmente ao longo do comprimento do feltro em forma de ziguezague com as tiras verticais uniformemente espaçadas ao longo da largura, antes de colocar uma projeção. A projeção foi preparada para este eletrodo da mesma forma conforme explicado no exemplo 5 acima, usando uma

solda (50% de Sn e 50% de Pb), certificando-se de que a parte superior de cada zague do fio de Cu estivesse imersa na projeção e fixada à projeção.

[0159] A preparação da cola e a colagem foram descritas conforme acima para N363, exceto que um tempo US de 1 min 48 s foi usado.

[0160] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 16,11 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 2,052 Ah (isto é, 63% da capacidade teórica). As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo colado tinham 59,8 mm de comprimento, 44,9 mm de largura, e 1,78 mm de espessura. O carregamento de chumbo obtido por volume (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de $2,64 \text{ g/cm}^3$. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão entre a massa de Pb ativa e o volume de carbono é 4,893. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 23 microns.

Tabela 2

Eletrodo	Material do eletrodo	NAM carregado (gm)	Carga de Pb por vol (gm/cm ³)	Fração de volume de C	Fração de volume de Pb	Porosidade do eletrodo	Fração do volume de Pb:C	% de utilização da capacidade descarregada sobre a capacidade teórica com base no NAM carregado	
								1ª Descarga	2ª Descarga
N356	Tratado em arco de feltro	15,60	1,75	0,06	0,16	0,79	2,63	72 (2,09 Ah)	67 (1,93 Ah)
N363	Tratado em arco tecido	19,50	1,91	0,06	0,17	0,77	2,70	72 (2,60 Ah)	66 (2,39 Ah)
N349	Tratado em arco de feltro	14,87	1,72	0,18	0,15	0,67	0,83	69 (1,91 Ah)	60 (1,65 Ah)
N439	Tratado em arco de feltro	24,62	2,63	0,05	0,23	0,72	4,52	67 (3,35 Ah)	62 (3,08 Ah)
N305	Tratado em arco tecido	15,58	1,36	0,19	0,17	0,64	0,88	67 (1,43 Ah)	55 (1,2 Ah)
N409	Tratado em arco de feltro	17,79	1,66	0,04	0,15	0,81	3,68	65 (2,1 Ah)	61 (2,03 Ah)
N410	Tratado em arco de feltro	17,66	1,67	0,04	0,15	0,81	3,797	72 (2,36 Ah)	64 (2,11 Ah)
N411	Tratado em arco de feltro	17,68	1,33	0,03	0,11	0,86	3,63	74 (2,44 Ah)	65 (2,15 Ah)
441	Tratado em arco de feltro	16,11	2,64	0,05	0,23	0,72	4,893	65 (2,12 Ah)	63 (2,05 Ah)

Exemplo 10 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco, razão de massa ativa/volume de carbono ~2,53 - N387

[0161] **Método:** Um eletrodo foi construído por camadas fibrosas de carbono de feltro de carbono tratado em arco Sigracell KFD2.5 EA fabricado por SGL Carbon Company, Alemanha. O feltro foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. O feltro, antes do tratamento em arco, tinha um peso específico de 248 g/m^2 , espessura de 2,5 mm, e fração de volume de carbono de ~7%. O material, após o tratamento em arco, tinha 203 g/m^2 de peso específico, tinha 2,25 mm de espessura, e tinha ~6,4% de fração de volume de carbono.

[0162] A preparação da cola e a colagem foram conforme descrito acima para N363, exceto que a solução de Vanisperse ATM foi preparada a fim de atingir 0,07% em massa de Vanisperse ATM na cola final e um tempo US de 1 min 23 s usado.

[0163] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 14,2 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 1,68 Ah (isto é, 64% da capacidade teórica).

[0164] As dimensões da área ativa (colada) do eletrodo colado tinham 67,4 mm de comprimento, 44,9 mm de largura, e 2,46 mm de espessura. O carregamento de chumbo obtido por volume (densidade colada do eletrodo com base na massa carregada no eletrodo) foi de $1,38 \text{ g/cm}^3$. No estado totalmente carregado do eletrodo, a razão entre massa ativa de Pb e volume de carbono foi de 2,53. O espaçamento médio entre as fibras de carbono era de cerca de 39 microns.

[0165] Subsequentemente, o eletrodo foi seco ao ar, montado numa célula, a célula foi deixada imersa, e em seguida a carga de formação foi realizada na célula, tudo conforme descrito no exemplo 1. Em seguida, a célula foi transferida para realizar os testes de descarga em amperes padrão à temperatura ambiente e a -18°C .

Exemplo 11 - eletrodo não composto de feltro de carbono tratado em arco, razão de massa ativa/volume de carbono ~ 2,696 - N392

[0166] **Método:** Um eletrodo foi construído de camadas de fibra de carbono de feltro de carbono tratado em arco Sigracell KFD2.5 EA fabricado por SGL Carbon Company, Alemanha. O feltro foi tratado em um arco elétrico geralmente conforme descrito anteriormente com referência às Figuras 7 e 8. O feltro antes do tratamento em arco tinha um peso específico de 248 g/m², espessura de 2,5 mm, e fração de volume de carbono de ~7%. O material, após o tratamento em arco, tinha 203 g/m² de peso específico, tinha 2,25 mm de espessura, e tinha ~6,4% de fração de volume de carbono.

[0167] A preparação da cola e a colagem foram conforme descrito acima para N363, exceto que a solução de Vanisperse ATM foi preparada a fim de atingir 0,25% em massa de Vanisperse ATM na cola final e um tempo US de 1 min 23 s usado.

[0168] A quantidade total de massa úmida carregada no eletrodo era de 15,33 g, onde a capacidade alcançada (descarga de corrente baixa) era de 1,83 Ah (isto é, 64% da capacidade teórica).

Exemplo 12 - quantidade de ácido sulfúrico usada na cola

[0169] Um pequeno lote de cola feita de uma suspensão de partículas de monóxido de chumbo (97% em massa) e chumbo (3%) juntamente com água e quantidades crescentes de ácido foram adicionadas. Os 13,0 g do sólido foram suspensos em 3,65 g de água, obtendo uma fração de massa de sólidos de 78% e uma fração de volume de cerca de 27%. Isto era uma pasta fluida de livre sedimentação, difícil de manter uniformemente suspensa, e difícil de se espalhar uniformemente em uma camada de feltro. A vibração (ultrassom) não melhorou as propriedades e não ocasionou a fácil penetração. O pH do líquido em equilíbrio com os sólidos foi 10. Pequenas quantidades de ácido foram adicionadas para gerar o ácido em cerca de 0,12% em massa,

quando uma ligeira cremosidade foi observada, e o pH era em torno de 9 a 9,5. Outra adição de 0,5% resultou em uma cola cremosa e em um pH de 8,5 a 9. A adição de mais ácido diminuiu o pH a 8,0 tamponado.

[0170] Várias misturas separadas foram então feitas com a mesma fração de sólidos que acima, e foram tentadas a dispersão e penetração através do feltro por ultrassom para posteriores concentrações de ácido mais altas. Em 0,24% em massa de ácido, houve pouca estabilidade da massa da cola em uma espátula, mas a cola penetrou bem (um pouco apareceu no outro lado de um feltro com 2,3 mm de espessura). A adição de ácido ideal foi em torno de 1,0% quando a penetração e a carga alta do feltro fossem possíveis. Conforme o ácido aumentava, a cola tornava-se mais dura com a cola em 2,28% sendo capaz de ser colado com uma espátula, mas a maior parte deste permaneceu fora da camada de feltro após o ultrassom com pouca penetração e rápida secagem.

[0171] O exposto acima descreve a invenção incluindo as formas preferenciais da mesma e pretende-se que alterações e modificações, conforme estarão óbvias para os versados na técnica, estejam incorporadas em seu escopo, conforme definido nas reivindicações acompanhantes.

REIVINDICAÇÕES

1. Bateria ou célula de chumbo-ácido, caracterizada pelo fato que inclui pelo menos um eletrodo que compreende, como um coletor de corrente não composto, um material de fibra condutora e uma massa ativa no material de fibra condutora, o material de fibra condutora que compreende, quando a bateria ou célula está totalmente carregada, uma porosidade de pelo menos 0,3; sendo o volume ocupado pelos poros entre o chumbo e as fibras condutoras, dividido pelo volume total ocupado pelos poros, chumbo e fibras condutoras e uma razão entre a carga de massa de chumbo e a massa de fibras condutoras, quando convertida a uma razão em volume, na faixa de 0,7:1 a 15:1, e/ou

pelo menos um eletrodo que compreende como um coletor de corrente composto uma grade de metal e um material de fibra condutora e uma massa ativa na grade de metal e material de fibra condutora com pelo menos 20% da massa ativa no material de fibra condutora, o material de fibra condutora compreendendo, quando a bateria ou célula está totalmente carregada, uma porosidade de pelo menos 0,3; sendo o volume ocupado pelos poros, chumbo e entre as fibras condutoras, dividido pelo volume total ocupado pelos poros, chumbo e fibras condutoras, e uma taxa de carga em massa de chumbo para a massa de fibras condutoras, quando convertida em uma taxa de volume, na faixa de 0,7:1 a 15:1.

2. Bateria ou célula de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende uma razão entre a carga de massa de chumbo e a massa de fibras condutoras, quando convertida à razão em volume, está na faixa de 1:1 a 10:1.

3. Bateria ou célula de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que o material de fibra condutora que compreende, quando totalmente carregado, uma porosidade entre 0,3 e 0,9.

4. Bateria ou célula de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que o espaçamento inter-fibras médio entre fibras no material de fibra condutora é entre 0,5 e 10 diâmetros médios de fibra.

5. Bateria ou célula de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de que o material de fibra condutora compreende um material de fibra de carbono.

6. Bateria ou célula de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de que o material de fibra de carbono compreende um material de fibra de carbono tecido ou não tecido.

7. Bateria ou célula de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizada pelo fato de que o material de fibra de carbono foi termicamente tratado por descarga de arco elétrico.

8. Bateria ou célula de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que as correntes condutoras de partículas à base de Pb fixadas ao material de fibra condutora foram formadas impregnando-se uma cola que compreende partículas à base de Pb e ácido sulfúrico diluído no material de fibra condutora e passando-se uma corrente de formação através do eletrodo.

9. Bateria ou célula de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que o ácido sulfúrico diluído contido na cola compreende entre mais de 0% e 5% em peso.

10. Bateria ou célula de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que a cola compreende ainda um expansor.

11. Bateria ou célula, de acordo com a reivindicação 10, caracterizada pelo fato de que o expansor compreende um lignossulfonato.

12. Bateria ou célula de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizada pelo fato de que o eletrodo compreende uma projeção de metal para conexão externa ao longo de pelo menos uma borda.

13. Bateria ou célula de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizada pelo fato de que o eletrodo compreende, em um ou em ambos os lados do material fibroso condutor, um condutor de metal em macroescala elétrica e condutivamente fixado ao material fibroso condutor e à projeção, ou compreende duas camadas do material fibroso condutor com um condutor de metal em macroescala elétrica e condutivamente fixado ao material fibroso condutor e à projeção, entre eles.

14. Bateria ou célula de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizada pelo fato de que o material de fibra de carbono apresenta dimensões de comprimento e de largura em um plano principal do material e apresenta uma espessura média perpendicular ao referido plano principal do material menor que 5mm.

15. Bateria ou célula de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizada pelo fato de que a grade metálica compreende uma grade de chumbo.

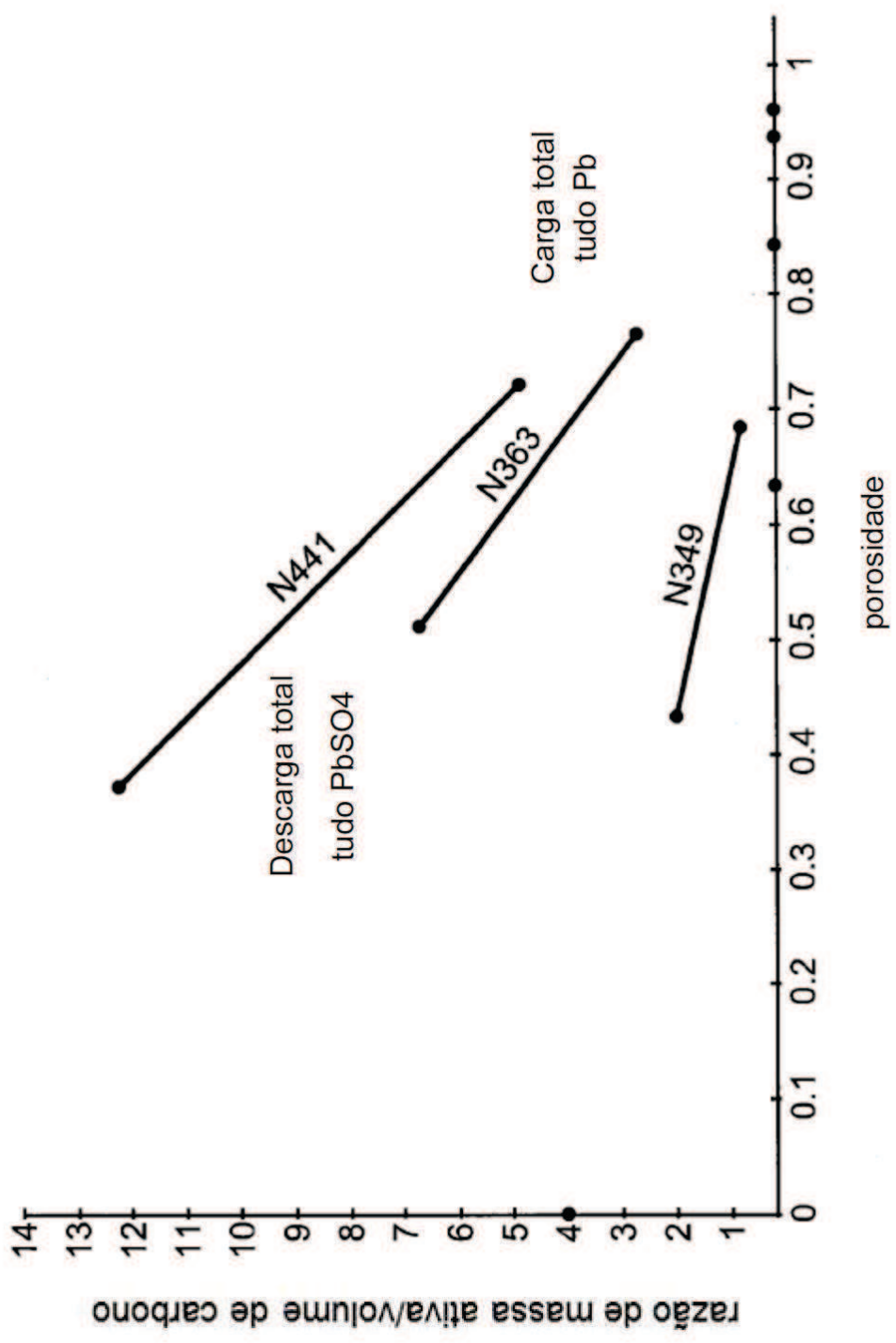


FIGURA 1

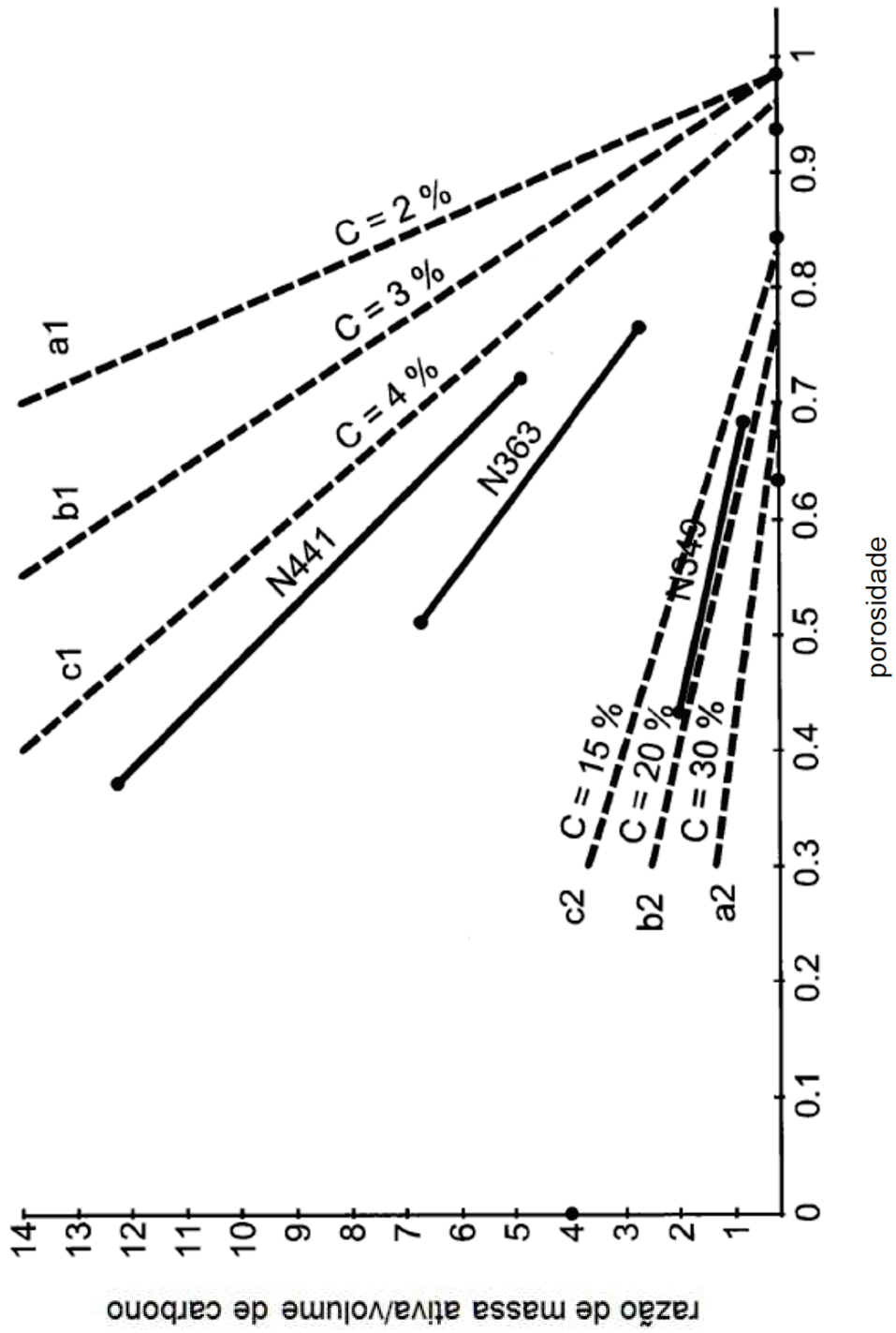


FIGURA 2

FIGURA 3A

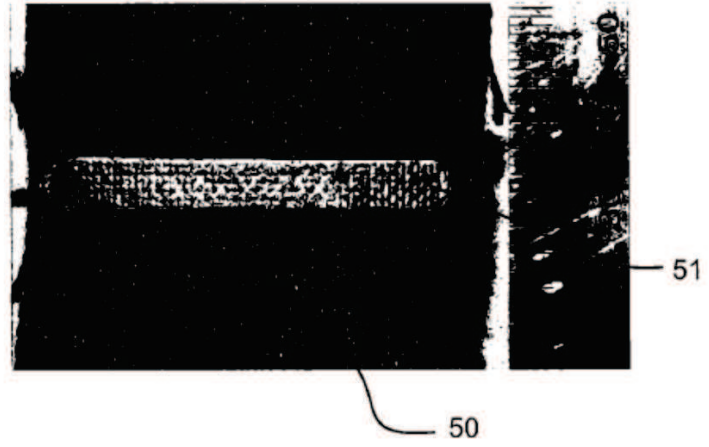
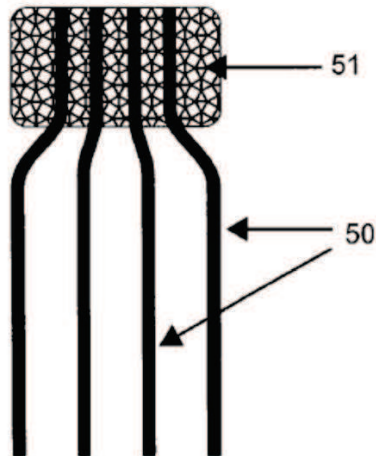


FIGURA 3B



FIGURA 3C



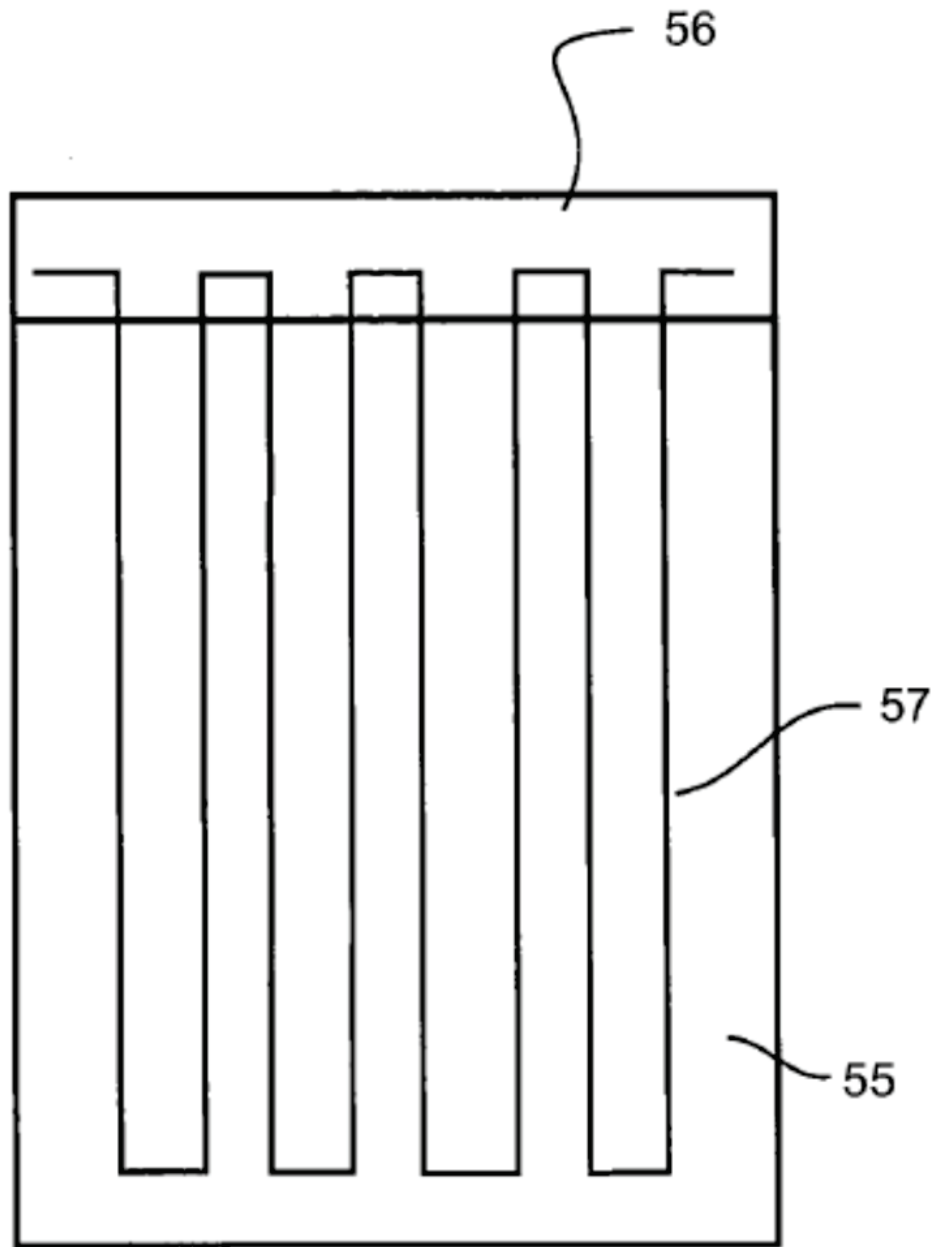


FIGURA 4

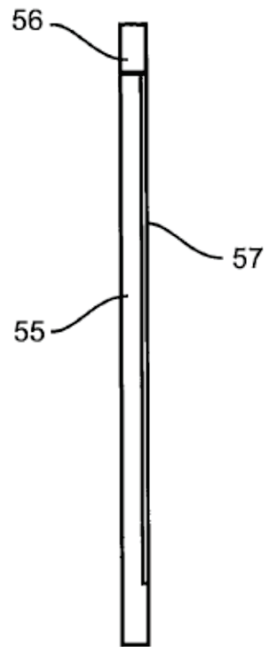


FIGURA 5

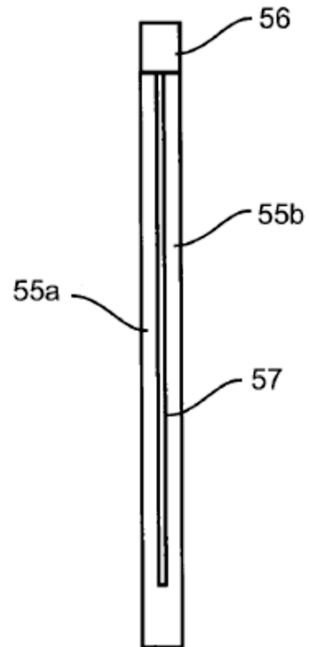


FIGURA 6

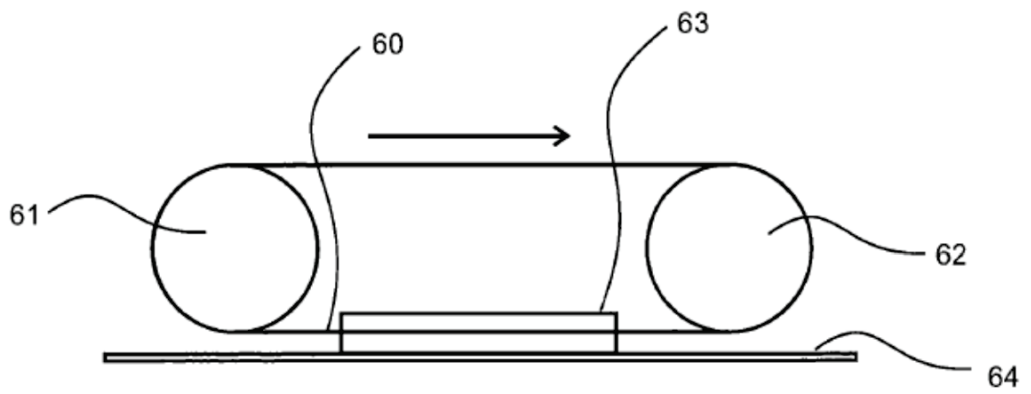


FIGURA 7

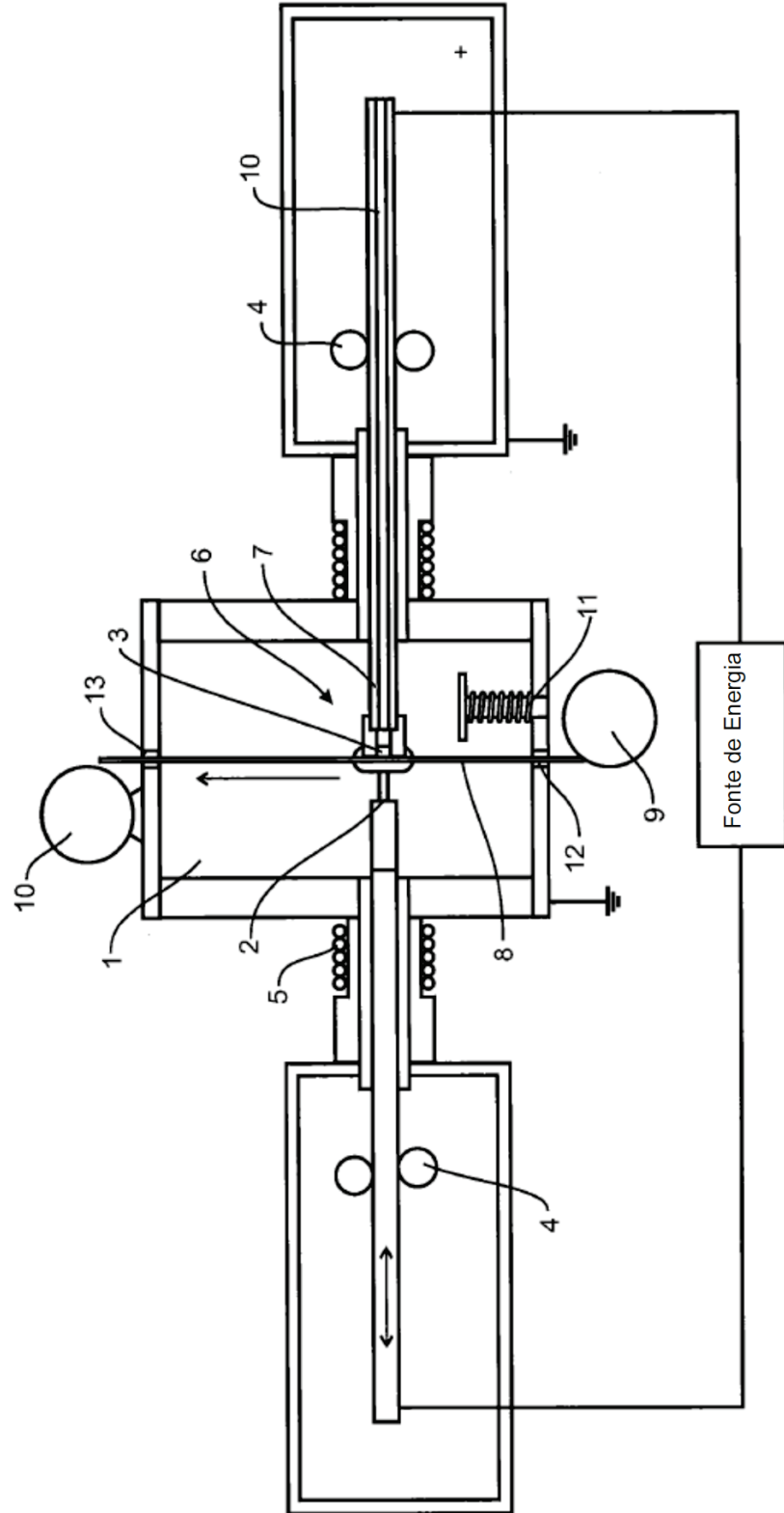


FIGURA 8

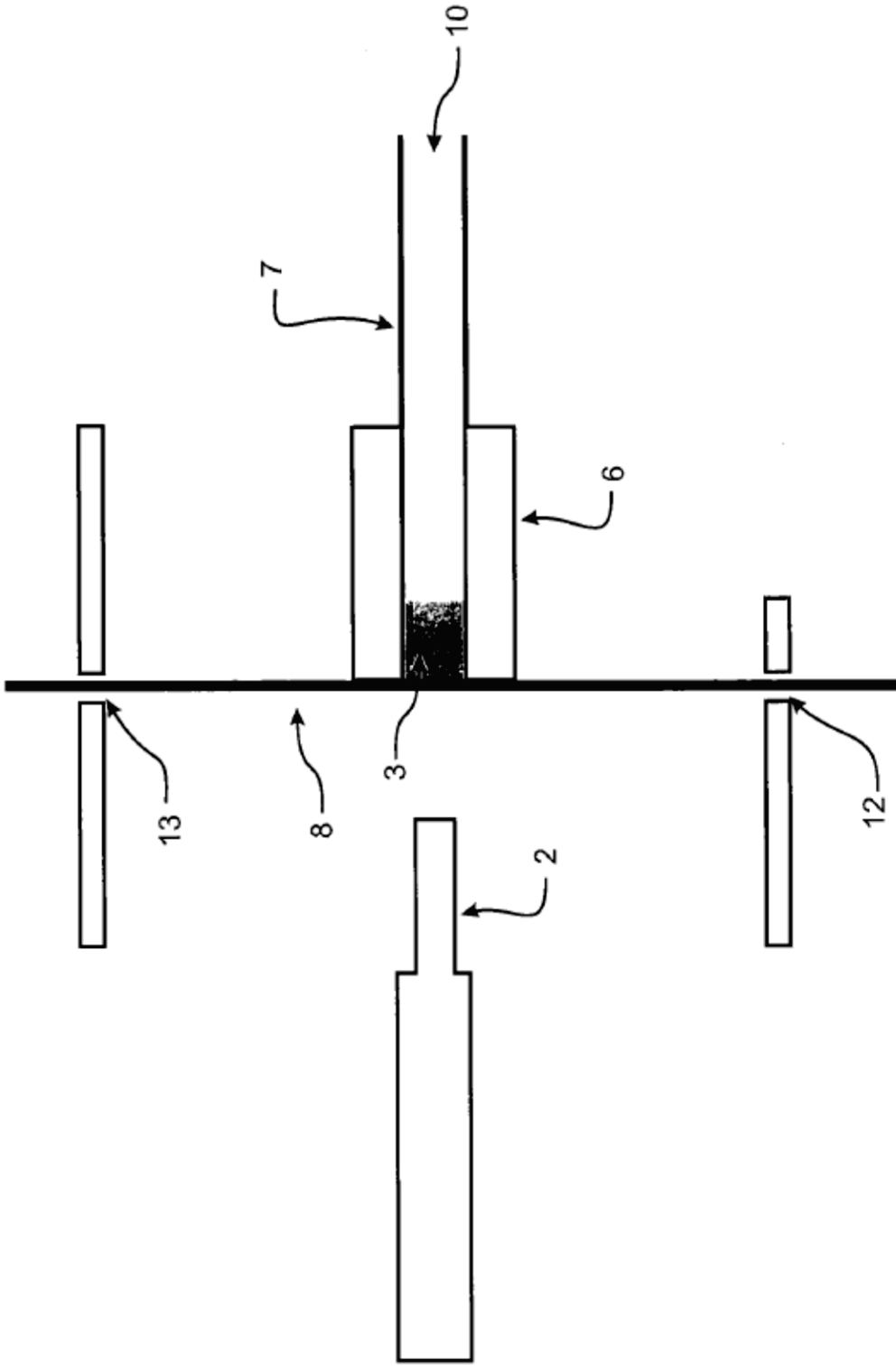


FIGURA 9

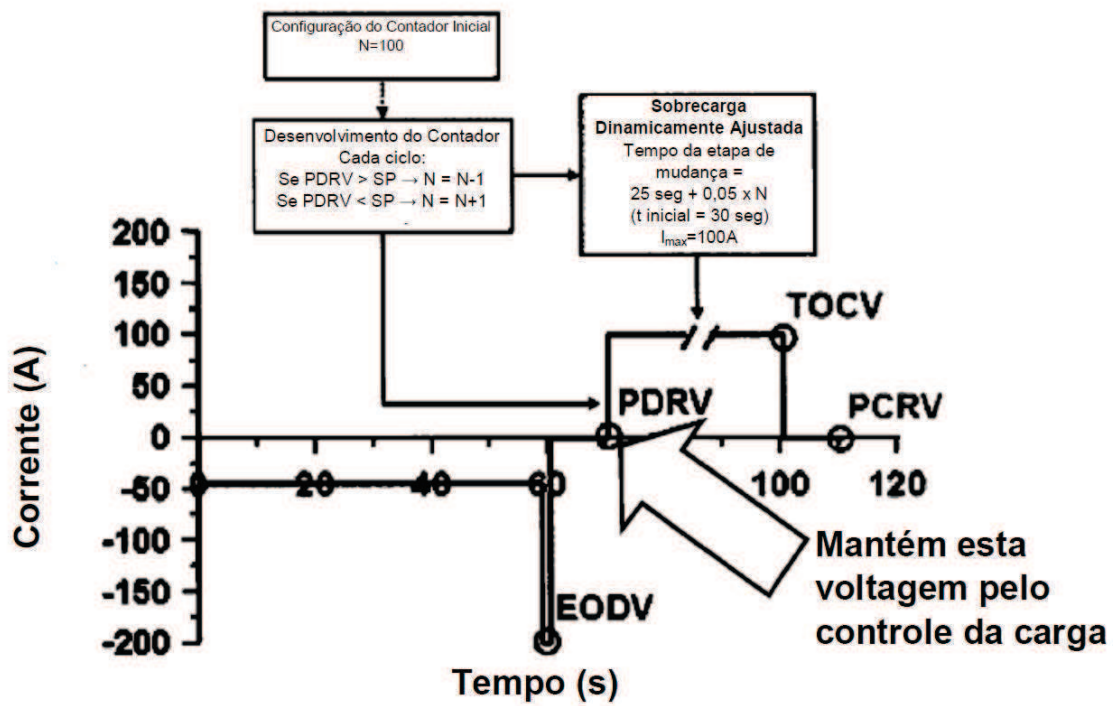


FIGURA 10

DCA de Taxa Alta para 2 eletrodos compostos N359 e N371

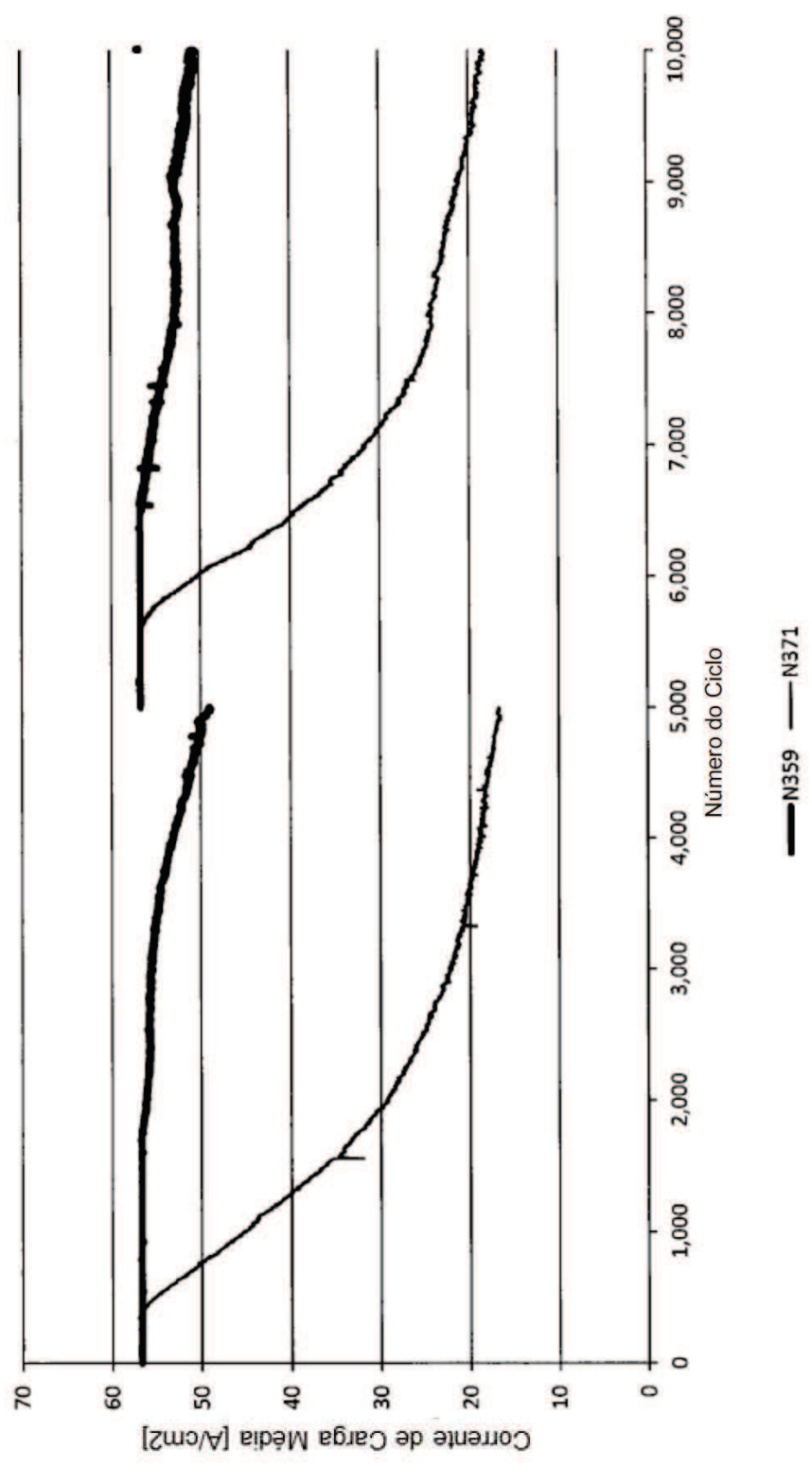


FIGURA 11

439 – desempenho de CCA (SAE J537)

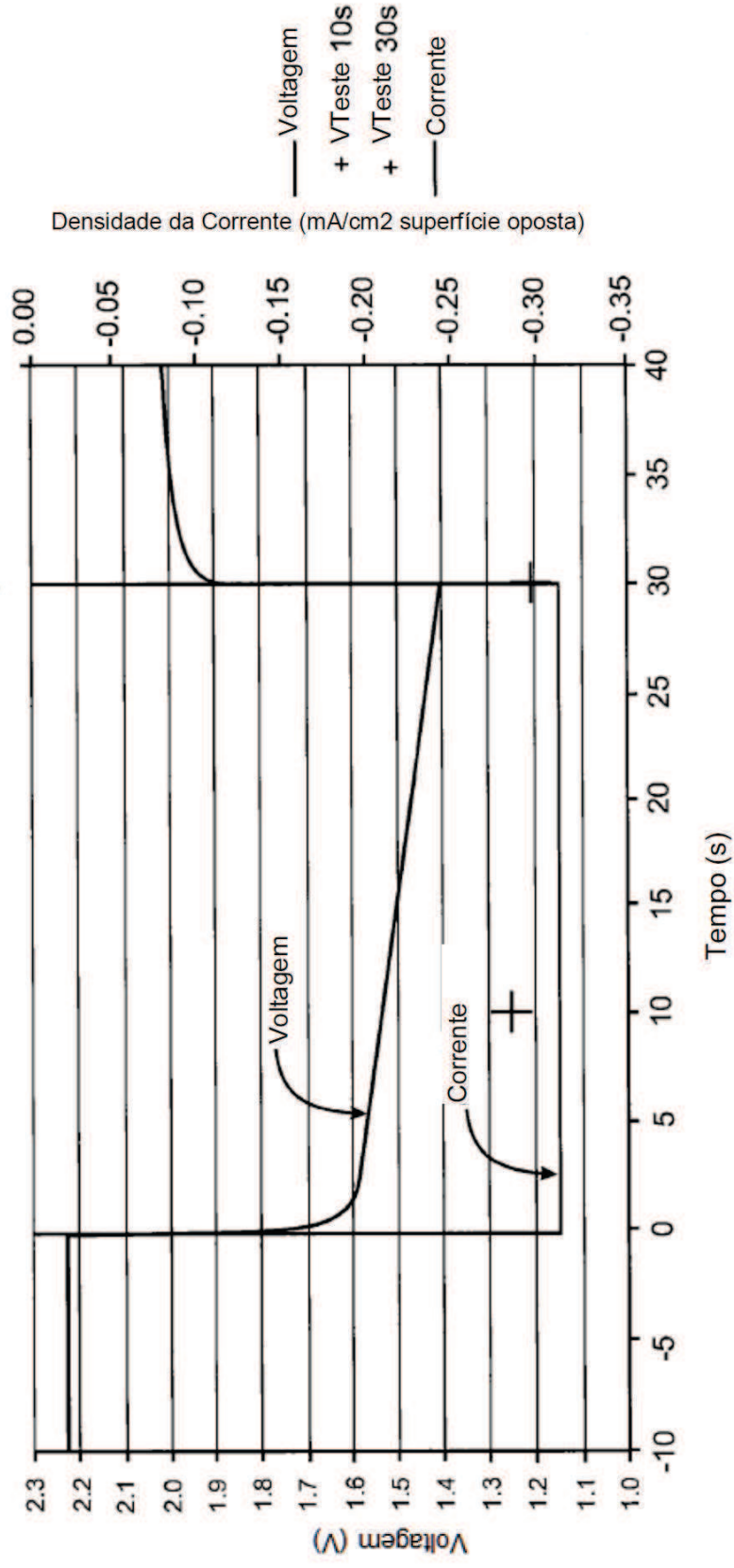


FIGURA 12

Tafel; 411 versus Tradicional

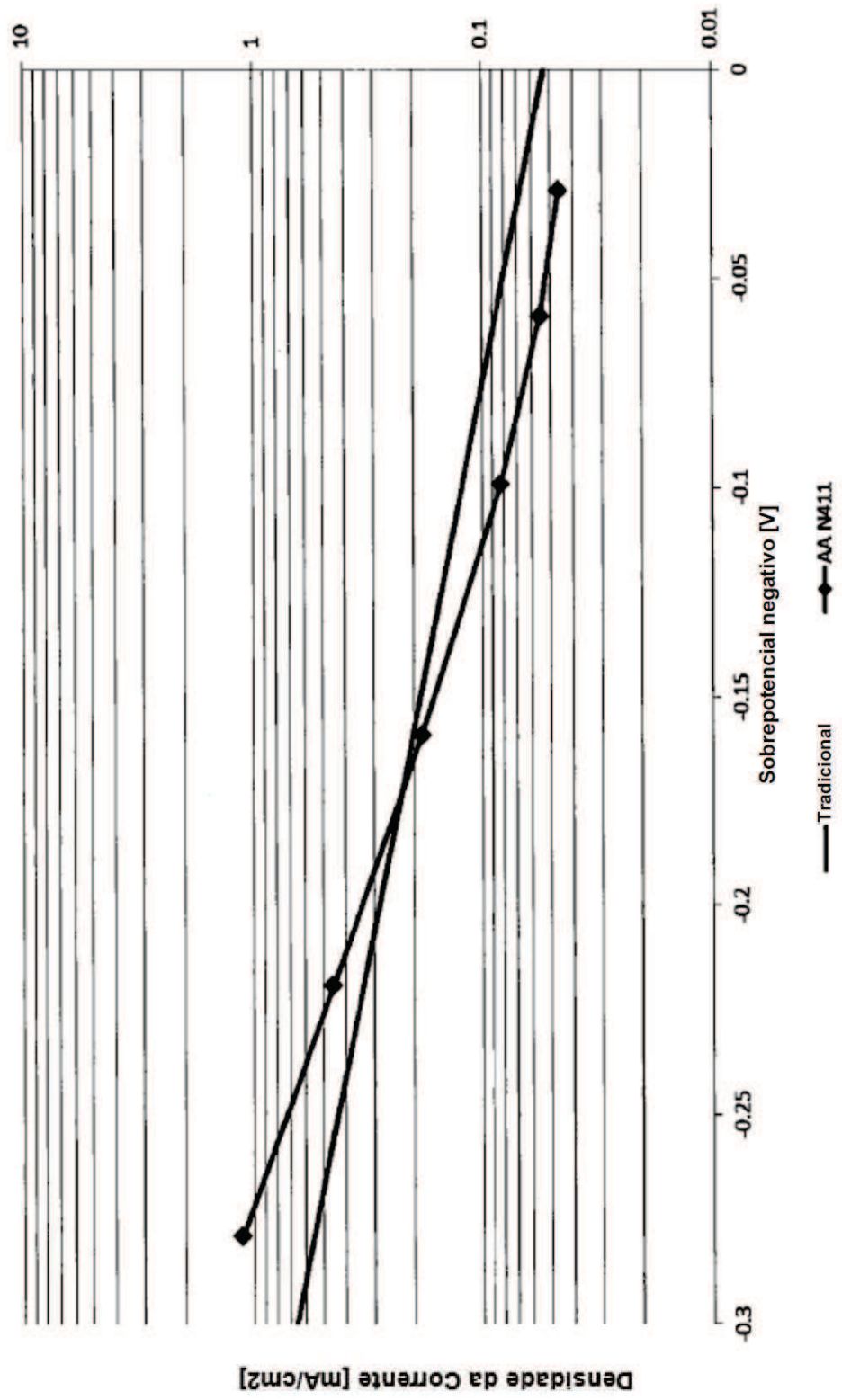


FIGURA 13

Tafel; 305 versus Tradicional

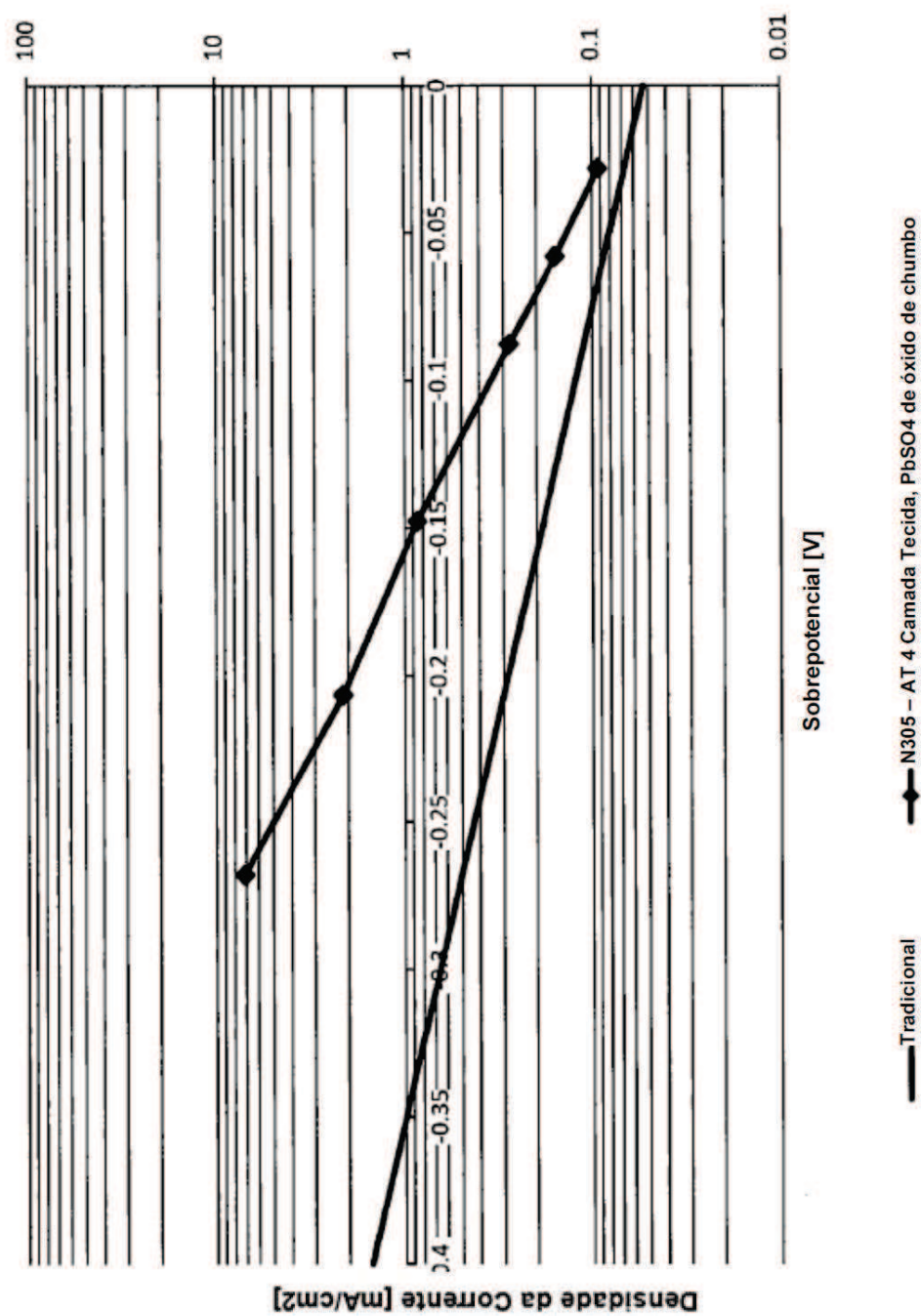


FIGURA 14

HD-DCA - 409 versus Tradicional

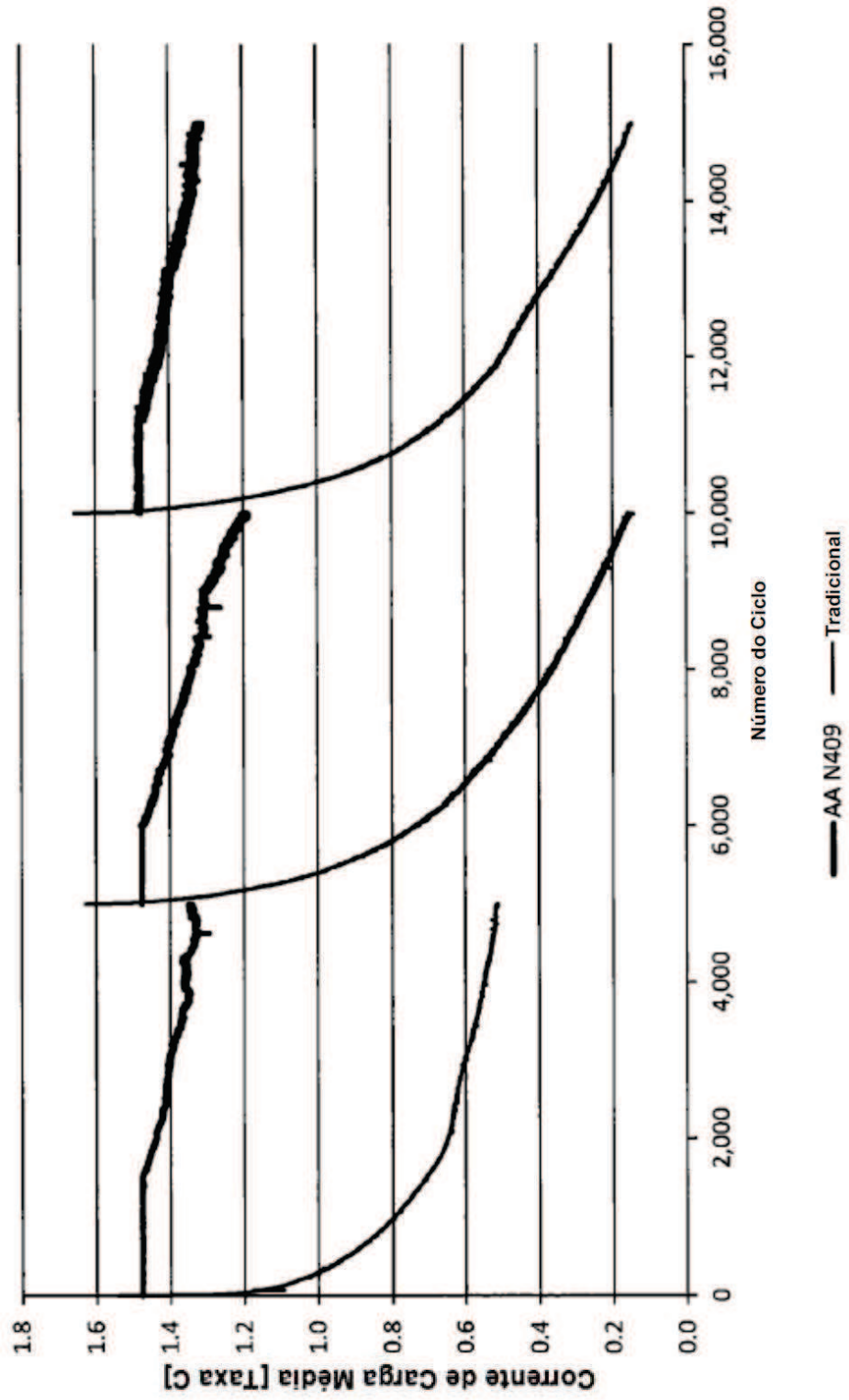


FIGURA 15

HD-DCA - 356 (60mm de comprimento, sem coletor de corrente de fio)

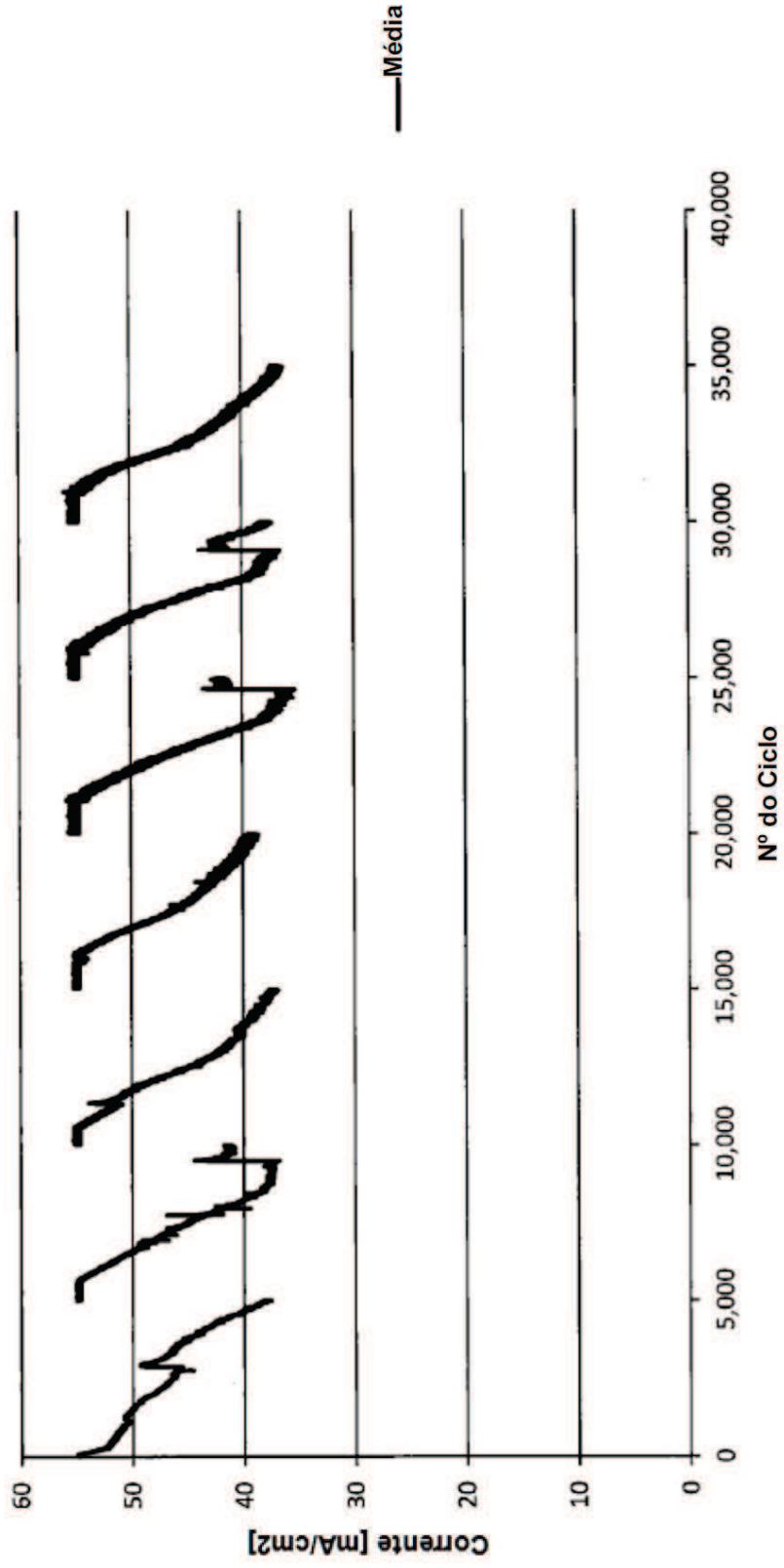


FIGURA 16

HD-DCA - 356 (30mm de comprimento, sem coletor de corrente de fio)

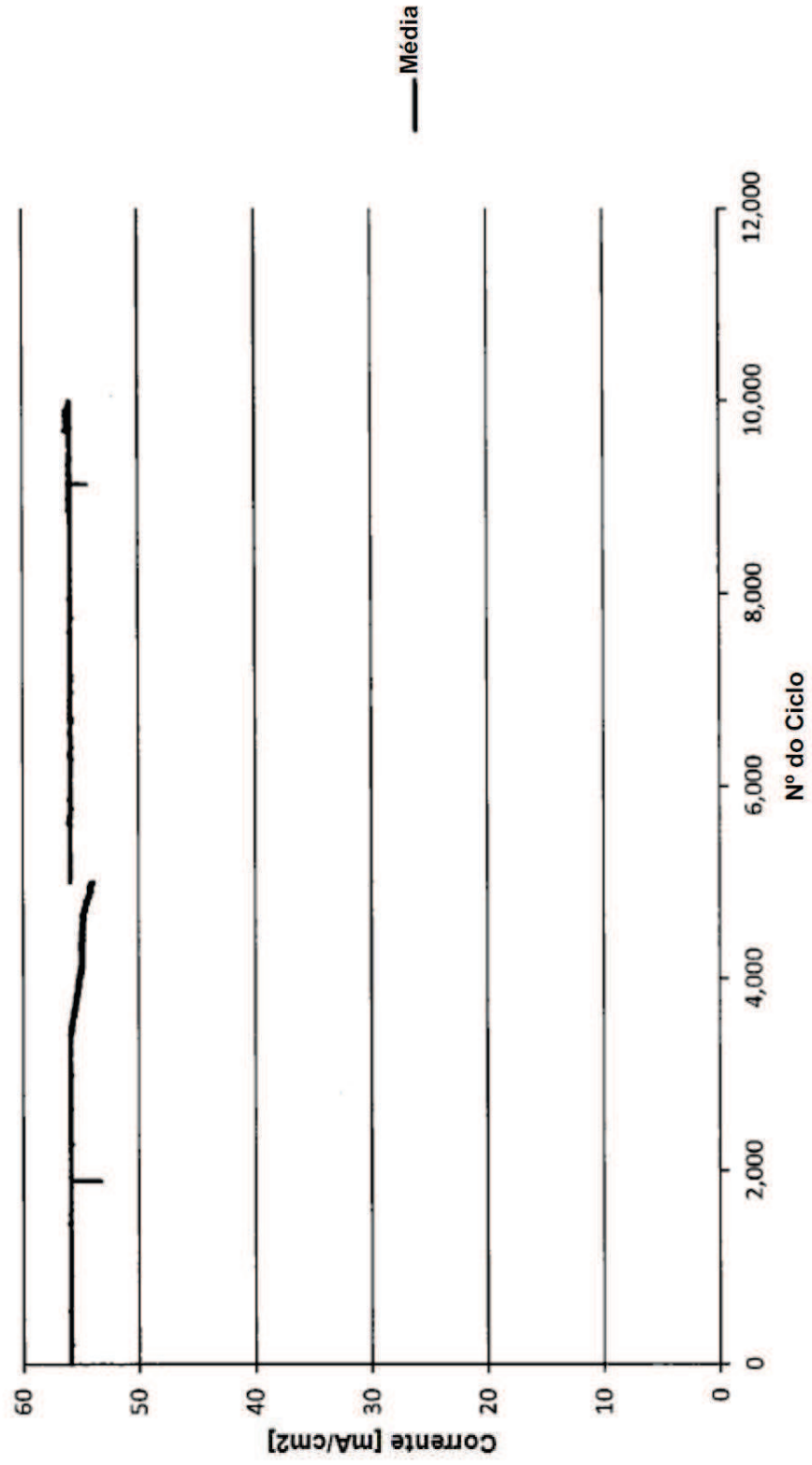


FIGURA 17

410 – Axion DCA (26mA/cm² = 1C) versus Tradicional

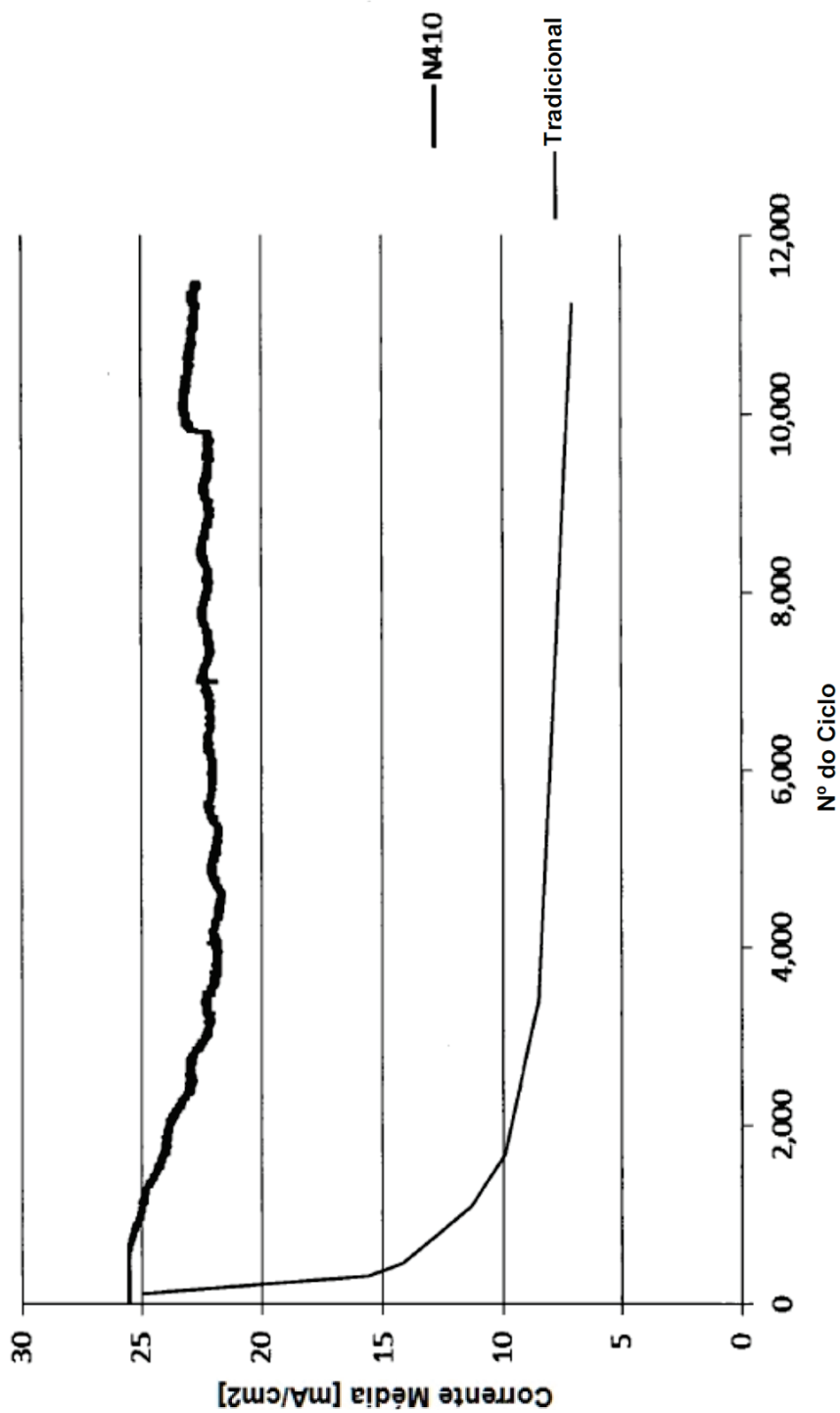


FIGURA 18