



(19)

INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PORTUGAL

(11) *Número de Publicação:* **PT 794157 E**

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
C02F001/463 A C02F001/465 B
B03D001/14 B

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) *Data de depósito:* 1996.03.05

(30) *Prioridade:*

(43) *Data de publicação do pedido:*
1997.09.10

(45) *Data e BPI da concessão:*
2000.05.10

(73) *Titular(es):*

MING SHING LEE
4TH FLOOR NO.5,LANE 146,HSIN-S.S.ROAD, SECTION 1 TAIPEI
TW

(72) *Inventor(es):*

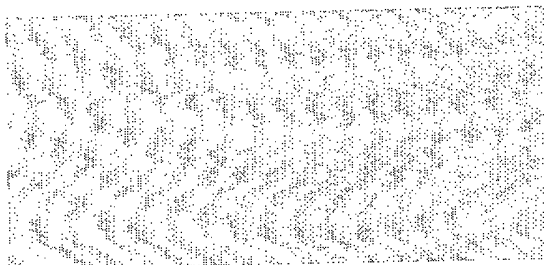
MING SHING LEE
TW

(74) *Mandatário(s):*

JOSÉ LUÍS FAZENDA ARNAUT DUARTE
RUA DO PATROCÍNIO, 94 1350 LISBOA
PT

(54) *Epígrafe:* TRATAMENTO DE ÁGUA POR ELECTROFLOTAÇÃO E ELECTROCOAGULAÇÃO

(57) *Resumo:*



DESCRIÇÃO

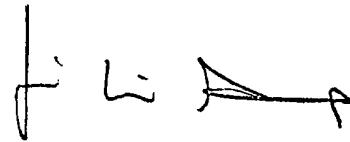
**“TRATAMENTO DE ÁGUA POR ELECTROFLOTAÇÃO
E ELECTROCOAGULAÇÃO”**

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um método, a um aparelho e a um sistema para tratar de forma contínua uma massa de água e mais particularmente refere-se a um método, a um aparelho e a um sistema para tratar de forma contínua uma massa de água recorrendo à polarização de um campo eléctrico para coagular as impurezas da massa de água, por forma a que as impurezas possam ser removidas facilmente dessa massa de água.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

No momento presente, os métodos geralmente utilizados para o tratamento de águas residuais domésticas ou industriais são: 1. método físico; 2. método químico; 3. método biológico; 4. método electroquímico, etc.. Entre tais métodos há um, o método electroquímico (electrólise), que foi bem desenvolvido pelos especialistas na matéria devido à sua exígua ocupação de espaço, benefícios económicos e isenção de odores e poluição secundária. As patentes de invenção relacionadas com este domínio da técnica compreendem a publicação da patente de invenção ROC nº 144872, as patentes de invenção norte-americanas nºs 3 926 754, 4 036 726 e 4 123 339, o documento DE-A-42 36 723 e a patente de invenção europeia nº 0295696. A técnica anterior utiliza a reacção química que ocorre num depósito fechado de electrólise durante a realização de uma electrólise para modificar as propriedades de águas domésticas ou industriais. O efluente contínuo que sai do depósito de electrólise é depois tratado para se lhe remover as impurezas, pelo que o caudal de água à saída se encontra bastante depurado.



Ao ser executado um procedimento electroquímico, há seis funções básicas que ocorrem simultaneamente entre os dois eléctrodos e na solução electrolítica:

1. oxidação: são fornecidos electrões ao ânodo para oxidar as impurezas existentes na solução;

2. redução: são fornecidos electrões ao cátodo para efectuar uma redução das impurezas existentes na solução;

3. electroforese: os iões com cargas positivas deslocam-se do ânodo para o cátodo ao passo que os iões com cargas negativas se deslocam do cátodo para o ânodo;

4. efeitos galvanofarádicos: se o ânodo for feito de um metal de qualidade inferior, fica sujeito a uma ionização em modo de oxidação, libertando catiões, mediante a aplicação de uma tensão eléctrica adequada entre os dois eléctrodos para fazer com que a solução tenha uma condutividade conveniente.

5. electrólise: a água decompõe-se em hidrogénio e oxigénio.

6. polarização: as impurezas e as moléculas de água são polarizadas em resposta à aplicação do campo eléctrico formado entre os dois eléctrodos quando lhes é aplicada uma tensão adequada, pelo que os iões com cargas negativas se encaminham para o ânodo e os iões com cargas positivas se encaminham para o cátodo, conforme ilustrado na figura 1.

A técnica anterior utiliza genericamente as primeiras cinco das seis funções enunciadas antes para tratar electroquimicamente as águas residuais, concentrando-se numa função específica, ao mesmo tempo que inibe as outras, para proporcionar os resultados mais eficientes e o efeito mais vantajoso. Por exemplo, há um método convencional de flotação e remoção de colóides electrolisados em que se utiliza como ânodo sacrificial um material constituído por ferro e alumínio (*Proc. 18th Conf. on Wastewater Treatment Technology*,

f l A

pp. 765-776). Os iões metálicos libertados do ânodo formam um colóide de elevado peso molecular, coagulando em microgel na massa de água referida, seguindo-se a formação de um complexo de fases gás/sólido mediante a combinação com as bolhas de hidrogénio libertadas a partir do cátodo, tendo então lugar a flotação e a remoção do complexo. Apesar deste método servir para remover sólidos e micropartículas em suspensão, continua a enfermar de algumas insuficiências a seguir enunciadas:

1. Grande consumo de electricidade e um prolongado período de tratamento.

Num estudo científico efectuado por Lee em *Proc. 17th Conf. on Wastewater Treatment Technology*, pp. 647-660, este afirma que ao tratar as águas residuais efluentes de uma instalação pecuária de criação de leitões, segundo um método de coagulação por via electrolítica, o período de electrólise para se obter água com uma qualidade satisfatória e de cerca de 30 minutos e que o consumo específico de energia para um tratamento contínuo é da ordem de 18 kwh/kg/CQO. Também foi confirmado por Yan (*Proc. 18th Conf. on Wastewater Treatment Technology*, pp. 765-776) que o consumo específico de energia é de 1,17 kwh/kg/CQO quando as águas residuais gordurosas e acidificadas são tratadas num depósito da flotação e remoção de colóides electrolisados, em modo contínuo.

2. Estrutura complicada e uma manutenção trabalhosa do equipamento.

Os locais do cátodo e do ânodo têm de ser alterados frequentemente devido à galvanização das placas electródicas que ocorre durante o processo de electrólise. Além disso, as placas electródicas são dispostas intercaladamente e montadas de forma repetitiva e cada placa electródica é ligada a uma fonte de alimentação de energia eléctrica, o que faz com que seja inconveniente efectuar a sua substituição. Por outro lado, pode ocorrer a deposição de contaminantes sobre as placas catódicas, pelo que é necessário prever uma raspadeira para raspar os contaminantes depositados. A instalação da raspadeira faz com que a construção do depósito electrolítico

seja mais complicada e torna mais difícil a substituição das placas electródicas.

A presente invenção em por objecto resolver as insuficiências da técnica anterior. Comprovou-se que a utilização da função polarização, isto é, a sexta função enunciada *supra*, pode determinar a coagulação das moléculas de impurezas num intervalo de tempo muito curto, realizando assim o objectivo de depuração da água.

A presente invenção não tem os inconvenientes relacionados com os períodos longos, o grande consumo de energia e a manutenção trabalhosa existentes na técnica anterior.

OBJECTIVOS DA PRESENTE INVENÇÃO

Constitui um objectivo da presente invenção proporcionar um método para tratar de forma contínua uma massa de água, segundo o qual as impurezas coagulam e flutuam de modo a serem facilmente removidas, graças à utilização da função polarização em resposta a um campo eléctrico e a uma função de trocas energéticas.

Constitui outro objectivo da presente invenção proporcionar um aparelho para tratar continuamente uma massa de água, em que a estrutura do referido aparelho é simplificada comparativamente com os da técnica anterior e em que os componentes de desgaste rápido do aparelho são facilmente substituídos.

Constitui outro objectivo da presente invenção proporcionar um sistema para tratar continuamente uma massa de água, segundo um modo altamente eficiente, económico em termos de consumo de electricidade e de fácil manutenção.

Estes e outros objectivos da presente invenção serão mais facilmente compreendidos a partir da memória descritiva minuciosa subsequente e das reivindicações anexas.

DESCRIÇÃO ABREVIADA DOS DESENHOS

A figura 1 é um diagrama esquemático que traduz a função polarização do campo eléctrico.

A figura 2 é um diagrama esquemático que mostra a deslocação horizontal das impurezas com um fenómeno turbulento microscópico.

A figura 3 é uma projecção anterior de um corte de uma primeira variante preferida do aparelho da presente invenção.

A figura 4 é uma projecção lateral de um corte de uma primeira variante preferida do aparelho da presente invenção.

A figura 5 é uma projecção em corte do dispositivo de remoção por flotação.

A figura 6 é uma projecção de um alçado lateral em corte de uma segunda variante preferida do aparelho da presente invenção.

A figura 7 ilustra uma variante preferencial da presente invenção.

DESCRIÇÃO MINUCIOSA DAS VARIANTES PREFERIDAS

A presente invenção estuda em profundidade o tratamento electroquímico de águas residuais. Descobriu-se que ao montar diversas placas condutoras entre o cátodo e o ânodo e ao dispor os eléctrodos e as placas condutoras de modo a formarem um circuito cuidadosamente fechado de uma só via ascendente em ziguezague, as impurezas contidas na água coagulam e formam um aglomerado ao fim de um curto intervalo de tempo, v.g. 1 minuto, se houver um campo eléctrico com uma intensidade suficiente entre os dois eléctrodos, gerado pela aplicação de uma tensão eléctrica conveniente entre o cátodo e o ânodo. O fenómeno da coagulação rápida num intervalo de tempo muito curto não pode ser explicado pelo princípio convencional da coagulação electrolítica.

Os inventores da presente invenção realizaram inúmeras experiências repetidamente e analisaram o fenómeno. A possível explicação para a ocorrência de tal fenómeno é a que a seguir se explicita.

Ao ser aplicada uma tensão eléctrica conveniente entre o cátodo e o ânodo, por forma que haja um campo eléctrico com uma intensidade suficiente entre os eléctrodos, as moléculas das impurezas e da água na solução são polarizadas pela acção do campo eléctrico, isto é, a extremidade adjacente ao ânodo recebe as cargas negativas ao passo que a outra extremidade adjacente ao cátodo recebe as cargas positivas, conforme ilustrado na figura 1.

A função polarização faz com que as impurezas, tais como as moléculas em solução e as microbolhas estáveis existentes na massa de água polarizada, passem a ser partículas alternadamente portadoras de cargas positivas e negativas. Além disso, a totalidade das partículas portadoras de cargas mutuamente repulsivas ou que não tenham carga nenhuma passam a ser as portadoras de cargas mutuamente atractivas, ocorrendo então o fenómeno de coagulação.

As placas condutoras dispostas entre o ânodo e o cátodo facilitam a coagulação das partículas de impurezas, mas o mecanismo para tal ainda continua a ser desconhecido. Presume-se que esse mecanismo possa estar relacionado com a transferência de energia facilitada pela geração de um microcampo eléctrico nas próprias placas condutoras. Depois de as impurezas serem induzidas a suportarem cargas bipolares para transmitirem um efeito mutuamente atractivo e consequentemente um efeito de coagulação, há ainda outros efeitos que são necessários para fazer com que as pequenas impurezas dispersivas colidam umas com as outras para formarem um agregado maior que possa ser separado da referida massa de água mais facilmente do que uma partícula pequena. A colisão entre impurezas pode ter lugar mediante os mecanismos a seguir enunciados.

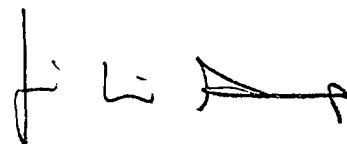
1) Agitação macroscópica

As impurezas podem colidir umas com as outras na massa de água por agitação mecânica. As placas condutoras no depósito de tratamento podem ser montadas de modo a definirem um circuito em ziguezague, por forma que a massa de água possa descrever um fluxo invertido sob a acção de um campo eléctrico que proporciona o efeito de agitação mecânica.

2) Turbulência microscópica

As dimensões de algumas impurezas são muito pequenas, podendo mesmo ter o tamanho de uma molécula ou de um ião. A agitação mecânica apenas pode alterar a posição relativa das impurezas macroscópicas, continuando inalterada a distância entre as pequenas impurezas. Dito por outras palavras, as impurezas moleculares não vão colidir mutuamente para se combinarem num agregado. Para superar este problema, a presente invenção vai induzir cargas eléctricas nas impurezas e consequentemente haverá uma aceleração dessas cargas, de modo a formarem uma corrente unidireccional que por sua vez irá gerar um campo magnético perpendicular à direcção do escoamento. Uma vez que cada uma das impurezas separadas forma em torno de si o seu próprio campo magnético independente, a interacção entre estes campos magnéticos força as impurezas a deslocarem-se ligeiramente em sentido lateral ao longo da direcção do campo magnético e este pequeno deslocamento lateral passa a ser um desvio lateral maior ao fim de um período. As diferentes impurezas são portadoras de cargas diferentes, pelo que se formam em torno delas campos magnéticos com intensidades diferentes. Assim sendo, os deslocamentos laterais das impurezas também irão ser diferentes, fazendo com que sejam possíveis colisões entre impurezas. O estado do deslocamento lateral das impurezas está ilustrado na figura 2. Quando uma massa de água é mantida em movimento ao longo de um circuito em ziguezague, as impurezas são aceleradas e sofrem um deslocamento espontâneo.

Com base nas observações anteriores, a presente memória descritiva explica um método para tratar continuamente uma massa de água. O método da presente invenção compreende um passo que consiste em utilizar um depósito de tratamento perfeitamente fechado em cujas



parte superior e inferior (fundo) estão previstas respectivamente uma saída e uma entrada de água e em cujo espaço interior estão montadas três ou mais placas condutoras, praticamente paralelas ao fundo do depósito e praticamente paralelas umas às outras, para assim formarem um circuito cuidadosamente fechado de uma só via ascendente em ziguezague no depósito de tratamento, sendo tais placas condutoras feitas de um material condutor cuja resistividade esteja compreendida entre $1,59 \mu\Omega.\text{cm}$ e $1300 \mu\Omega.\text{cm}$ e em que há pelo menos duas dessas placas condutoras que estão ligadas respectivamente a um pólo positivo e a um pólo negativo de uma fonte de alimentação para servirem correspondentemente de ânodo e de cátodo, sendo a água que se pretende tratar introduzida no tanque de tratamento pela entrada de água, correndo depois em sentido ascendente através do circuito em ziguezague de uma só via, saindo depois do depósito de tratamento pela saída de água, e em que há uma tensão eléctrica que é aplicada entre o cátodo e o ânodo para gerar um campo eléctrico com uma intensidade compreendida entre $0,5 \text{ mV/cm}$ e 100 V/cm durante a passagem da massa de água pelo circuito referido, polarizando e coagulando consequentemente as impurezas existentes na massa de água para a subsequente remoção das impurezas coaguladas.

A massa de água adequada para ser tratada em conformidade com a presente invenção pode ser qualquer tipo de água residual de tipo industrial e qualquer massa de água contaminada, por exemplo, a água que passou através de detritos, esgotos lançados para os rios, as águas residuais da indústria de tinturaria, as águas residuais da indústria de galvanização, as águas residuais da indústria de celulose, as águas residuais da indústria petroquímica, as águas residuais dos serviços de manutenção de veículos automóveis, as águas residuais de fermentação, as águas residuais das fabricas de gelados, as águas residuais de restaurantes, as águas residuais de hospitais, as águas residuais dos laboratórios e as águas residuais domésticas, etc..

A presente invenção não se limita apenas a ser utilizada no tratamento de massas de água que tenham valores específicos de pH e de condutividades, temperaturas, tipos de impurezas e concentrações

das impurezas. A massa de água que se pretende tratar pode ser acídica, neutra ou alcalina, isto é, de acordo com o método da presente invenção é possível tratar qualquer massa de água que tenha um valor de pH compreendido aproximadamente entre 0 e 14. Para efeitos de tratamento em conformidade com o método da presente invenção também é adequada qualquer massa de água que tenha uma condutividade compreendida entre 0,98 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 254 mS/cm (valores equivalentes aos das concentrações iónicas respectivamente da água ultrapurificada e da água saturada com cloreto de sódio). Tal como sucede com a concentração de impurezas, estas podem ser tratadas directamente se a sua concentração estiver compreendida entre 0 e 10^5 ppm, sendo melhor, no entanto, executar antes do método da presente invenção um outro passo de recuperação do meio aquoso se a sua concentração for superior a 10^5 ppm.

De acordo com a presente invenção, a saída de água e a entrada de água estão previstas respectivamente na pare de cima e no fundo do depósito de tratamento. As placas condutoras do depósito de tratamento são montadas de modo a ficarem praticamente paralelas ao fundo do depósito e praticamente paralelas umas às outras para assim formarem um circuito ascendente em ziguezague cuidadosamente fechado de uma via só. Esta instalação de um circuito em ziguezague faz com que o escoamento invertido da massa de água tenha o efeito de uma agitação mecânica. Faz-se observar que as placas condutoras não devem ficar perpendiculares ao fundo do depósito para não se criar uma configuração rectilínea ou em forma de onda, pois as bolhas de hidrogénio e de oxigénio geradas devido à electrólise da água acumular-se-iam nos pontos mais altos da forma de onda, impedindo assim o escoamento da massa de água.

Há pelo menos duas placas condutoras ligadas respectivamente uma ao pólo positivo e a outra ao pólo negativo da fonte de alimentação, servindo correspondentemente de ânodo e de cátodo. Também se pode fazer a opção de prever um conjunto de pares de cátodos e ânodos montados alternadamente. O número de placas condutoras que não estão ligadas à fonte de alimentação vai depender das necessidades práticas. O número de placas condutoras que não estão ligadas à fonte

f L A

de alimentação entre cada par de placas de cátodo e ânodo pode ser igual ou diferente. A existência de placas condutoras desligadas serve para melhorar a coagulação das partículas de impurezas. No entanto, ainda não se conhece o mecanismo deste efeito. Presume-se que esteja relacionado com a melhor transferência de energia resultante da geração de microcampos eléctricos nas próprias placas condutoras.

As placas condutoras, incluindo as que estão ligadas à fonte de alimentação para servirem de ânodo e de cátodo, podem ser feitas de qualquer material condutor convencional e são feitas de preferência de um material condutor que possua uma resistividade compreendida entre $1,59 \mu\Omega.\text{cm}$ e $1300 \mu\Omega.\text{cm}$. Como exemplos de materiais condutores refere-se os metais seleccionados entre Fe, Al, Ag, Cu, Au, Zn, Cd, Pt, Sn, Cr, Sb, Ti e Mn, etc., as ligas, tais como azurite, calcopirite, ácido inoxidável, 'alferon' e 'chromel', e os não metais, tais como a grafite.

De acordo com a presente invenção, aplica-se uma tensão eléctrica entre o cátodo e o ânodo para se obter uma intensidade entre eléctrodos compreendida entre $0,5 \text{ mV/cm}$ e 100 V/cm , o que vai fazer com que as impurezas da massa de água sejam facilmente polarizadas e depois coaguladas. O campo eléctrico preferido deve ter uma intensidade compreendida entre $0,1 \text{ V/cm}$ e 1000 V/cm . Sob a acção do campo eléctrico é provável que tenha lugar a electrólise das moléculas de água. As bolhas de hidrogénio e de oxigénio geradas durante a electrólise das moléculas de água vão combinar-se com as impurezas para facilitar a sua flutuação e para facilitar ainda mais a remoção das impurezas.

De acordo com a presente invenção, o escoamento da massa de água através do circuito em ziguezague faz-se geralmente a uma velocidade compreendida entre $0,1 \text{ m/s}$ e $3,87 \text{ m/s}$. A presente invenção faz aumentar a oportunidade de colisão entre impurezas polarizadas pelo campo eléctrico, devido à disposição especial das placas condutoras no depósito de tratamento, e por tal motivo as impurezas podem coagular para formarem um agregado num intervalo de tempo

muito curto. O tempo de residência da massa de água que se pretende tratar no tanque de tratamento é geralmente inferior a 1 minuto, o que é muito inferior ao tempo de residência (cerca de 30 minutos) observado com o método convencional de flotação e remoção de um colóide electrolisado. Assim sendo, a presente invenção consome pouca energia eléctrica. A energia eléctrica consumida com o método da presente invenção está entre 1% e 0,1% daquela que é consumida com o método convencional de flotação e remoção de um colóide electro-lisado.

A presente invenção não impõe parâmetros específicos de temperatura e de pressão à massa de água, desde que esta se mantenha no estado líquido.

Além disso, o inventor da presente invenção descobriu que as impurezas coagulantes, originadas pela função polarização induzida pelo campo eléctrico, se encaminham rapidamente para a superfície da água se o pH da massa de água for ajustado para um valor específico imediatamente a seguir à passagem da massa de água pelo depósito de tratamento electroquímico. Pelo contrário, o fenómeno de flutuação das impurezas coagulantes não irá ter lugar se o valor do pH da massa de água for ajustado ao fim de um longo período em repouso.

A verdadeira explicação para o fenómeno descrito anteriormente ainda não é perfeitamente conhecida, admitindo-se no entanto que possa estar relacionada com a transferência de energia. Dito por outras palavras, quando a massa de água passa por um campo eléctrico, as moléculas de água absorvem a energia do campo eléctrico e ficam num estado excitado. Numa situação em que o valor do pH seja adequado, as moléculas libertam a energia instantaneamente, vaporizando uma parte da água, e este vapor encaminha-se para a superfície da água conjuntamente com as impurezas. Se a massa de água tratada no campo eléctrico aí permanecer durante um período longo, a energia irá ser progressivamente libertada sob a forma de calor. Nessa situação, o ajustamento do valor do pH não irá proporcionar uma energia suficiente para vaporizar as moléculas de água, pelo que as impurezas irão para o fundo, em vez de flutuarem.

A flutuação das impurezas coagulantes permite removê-las mais facilmente. Posto isto, de acordo com uma variante preferencial da presente invenção, o método agora descrito compreende também um passo que consiste em ajustar o pH da massa de água de modo a obter-se um valor adequado, imediatamente após essa massa de água ter passado pelo depósito de tratamento electroquímico com a finalidade de facilitar a flutuação e a remoção das impurezas. O valor adequado do pH vai depender principalmente dos tipos de impurezas existentes na massa de água que se pretenda tratar. Os especialistas na matéria podem determinar o valor adequado de pH sem nenhuma dificuldade, recorrendo apenas a alguns resultados práticos.

Além do mais, é possível acrescentar um agente coagulante e um agente estabilizador à massa de água tratada electroquimicamente, sempre que necessário, para facilitar a coagulação das impurezas mediante a formação de um agregado ainda maior cuja remoção é ainda mais fácil. As impurezas coagulantes existentes na massa de água tratada electroquimicamente são removidas geralmente por meio de um dispositivo de remoção flutuante.

A presente invenção também proporciona um aparelho para tratar continuamente uma massa de água, o qual compreende um depósito de tratamento cuidadosamente fechado em cuja parte superior e em cujo fundo existem respectivamente uma saída de água e uma entrada de água e em cujo espaço interior há três ou mais placas condutoras montadas praticamente paralelas ao fundo do depósito e praticamente paralelas umas às outras, de modo a definirem no depósito de tratamento um circuito ascendente cuidadosamente fechado em ziguezague de uma só via, sendo as placas condutoras feitas de um material condutor com uma resistividade compreendida entre $1,59 \mu\Omega.\text{cm}$ e $1300 \mu\Omega.\text{cm}$ e em que há pelo menos duas dessas placas condutoras que estão ligadas respectivamente uma a um pólo positivo e a outra a um pólo negativo de uma fonte de alimentação para servirem correspondentemente de ânodo e de cátodo.

A presente invenção também proporciona um sistema para tratar continuamente uma massa de água, o qual compreende um dispositivo

de pré-tratamento que serve para ajustar o valor do pH, a condutividade e o catalisador acrescentado à massa de água que se pretende tratar, para melhorar o efeito do tratamento electroquímico subsequente; um dispositivo electroquímico ligado ao dispositivo de pré-tratamento para facilitar a coagulação das impurezas existentes na massa de água e para fornecer energia às impurezas para as separar facilmente da massa de água; um dispositivo de pós-tratamento ligado ao dispositivo electroquímico, para ajustar o valor do pH da massa de água tratada electroquimicamente e para acrescentar um agente coagulante e um agente estabilizador ao dispositivo electroquímico sempre que necessário; um dispositivo de remoção flutuante ligado ao dispositivo de pós-tratamento para separar as impurezas da água; sendo tal sistema caracterizado pelo facto de o dispositivo electroquímico compreender um depósito de tratamento cuidadosamente fechado, havendo na parte superior e no fundo desse depósito de tratamento respectivamente uma saída de água e uma entrada de água e em cujo espaço interior estão montadas três ou mais placas condutoras praticamente paralelas ao fundo do depósito e praticamente paralelas umas às outras de modo a formarem no depósito de tratamento um circuito em ziguezague ascendente de uma só via cuidadosamente fechado, sendo tais placas feitas de um material condutor que possua uma resistividade compreendida entre $1,59 \mu\Omega.\text{cm}$ e $1300 \mu\Omega.\text{cm}$ e em que há pelo menos duas dessas placas condutoras que estão electricamente ligadas respectivamente uma a um pólo positivo e a outra a um pólo negativo de uma fonte de alimentação para servirem correspondentemente de ânodo e de cátodo.

Seguidamente ilustrar-se-á sem ambiguidades as variantes preferenciais do aparelho e do sistema da presente invenção, tomando como referência os desenhos anexos.

As figuras 3 e 4 são alçados anterior e lateral em corte de uma primeira variante preferencial do aparelho da presente invenção. O aparelho compreende um depósito de tratamento 1 que é um depósito fechado em que a superfície de um dos lados desse depósito é uma verdadeira porta (instalada no plano anterior da vista ilustrada na figura 1, mas não representada). Em ambos os lados do depósito 1

estão montadas guias embutidas 10. O depósito 1 dispõe também de uma bomba premente 11 ligada a uma entrada de água 12 que comunica com o fundo do depósito. Está prevista uma saída de água 13 na parte de cima do depósito 1, estando aí montada uma válvula 14 de regulação do caudal. No interior da parte de cima do depósito 1 está instalada uma placa anódica 2 que é ligada pelo exterior a um fio eléctrico. No interior e na parte do fundo do depósito 1 está montada uma placa catódica 3 que é ligada pelo exterior a um fio eléctrico. Existe ainda uma placa condutora 4 montada num espaço entre a placa anódica 2 e a placa catódica 3, por onde vai passar a solução tratada. A placa condutora é fixada firmemente introduzindo duas arestas dessa placa nas guias embutidas 10, conforme ilustrado na figura 4. A placa condutora 4 não ocupa todo um plano correspondente, deixando ficar livre um espaço 41 para que por aí passe a solução tratada. Ao ser aplicada uma tensão eléctrica entre o cátodo e o ânodo para gerar um campo eléctrico, a placa condutora 4 vai melhorar a função electroquímica do campo eléctrico, no sentido de facilitar a coagulação das partículas de impurezas.

A figura 5 é uma vista em corte de um dispositivo de remoção flutuante. A massa de água tratada no depósito de tratamento electroquímico pode ser isolada por meio de um dispositivo de remoção flutuante.

O dispositivo de remoção é constituído por um cilindro 5 na secção superior onde está prevista uma entrada de água 51 aberta no corpo do cilindro e que está ligada à saída de água do depósito de tratamento, havendo ainda um reservatório 52 de recolha do excesso de fluido, montado na parte superior do cilindro, de tal forma que um orifício 53 previsto no cilindro 5 da secção superior permite a comunicação com o reservatório 52 de recolha do excesso de fluido. No reservatório 52 de recolha do excesso de fluido existe ainda um tubo de descarga 54 e nele estão montados um dispositivo raspador 55 constituído por uma pá raspadora 551 que é comandada por um motor 553 e ainda uma tampa 552 que serve para tapar o reservatório 52 de recolha do excesso de fluido. Prevê-se ainda um cilindro de prolongamento 56 que pode ser ligado por baixo do cilindro 5 da secção superior e cujo corpo cilíndrico pode ser localmente trans-

parente. Existe um cilindro 57 na base que é ligado por baixo do cilindro 56 de prolongamento ou ligado directamente por baixo do cilindro 5 da secção superior se não for necessário nenhuma cilindro 56 de prolongamento. O corpo cilíndrico do cilindro 57 da base também pode ser localmente transparente. No tubo de descarga 571 do cilindro 57 da base também pode ser montada uma válvula 572 de regulação do caudal. O cilindro 5 da secção superior, o cilindro 56 de prolongamento e o cilindro 57 da base combinam-se entre si para formarem um depósito com dispositivo removedor flutuante.

A figura 6 é um alçado lateral em corte de uma segunda variante preferida do aparelho da presente invenção. O aparelho caracteriza-se pelo facto de possuir um conjunto de placas condutoras 4 montadas entre a placa anódica e a placa catódica para permitir obter melhores resultados. As placas condutoras são montadas no depósito de tratamento de modo a formarem um circuito cuidadosamente fechado de uma só via em ziguezague. Numa situação em que a massa de água não tratada se mantenha num estado líquido corrente, a água não tratada é introduzida pelo fundo do depósito e corre para a parte de cima do depósito de tratamento através do referido circuito cuidadosamente fechado de uma só via em ziguezague. Aplica-se uma tensão eléctrica predeterminada entre o ânodo e o cátodo para gerar um campo eléctrico com uma intensidade predeterminada num espaço entre o cátodo e o ânodo. Esse campo eléctrico vai polarizar as impurezas da água não tratada, faz com que essas impurezas absorvam energia e induz o efeito catalítico das placas condutoras, reforçando a coagulação das partículas de impurezas. Por outro lado, a água não tratada corre através do circuito fechado em ziguezague com agitação mecânica e magnética, fazendo com que as impureza coagulem num aglomerado que irá ser separado do líquido.

De acordo com o aparelho descrito antes, os procedimentos operativos da presente invenção podem ser resumidos conforme a seguir se descreve.

1) A massa de água não tratada é bombeada continuamente para dentro do depósito 1 de tratamento por acção de uma bomba premente 11,

sendo a pressão da massa de água no depósito de tratamento 1 regulada perfeitamente pela válvula 14 de regulação do caudal.

2) É possível utilizar um circuito conveniente, sempre que necessário, para modificar alternadamente as polaridades dos eléctrodos. O ciclo alternado de trocas de polaridade deve ser regulado para um período conveniente, utilizando para tal um relógio de comando no circuito.

3) Liga-se a fonte de alimentação e trata-se a massa de água. O tempo necessário para tratar eficientemente a massa de água é muito curto, conforme se conclui a partir de resultados experimentais.

4) A massa de água que sai do depósito de tratamento é então introduzida no dispositivo de remoção flutuante. Se as matérias em suspensão estiverem suficientemente separadas da água, abre-se a válvula 572 de regulação do caudal para deixar sair a massa de água. A velocidade de descarga da massa de água deve ser regulada por forma a que a suspensão seja escoada a partir do reservatório superior de recolha do excesso de fluido.

5) A suspensão em excesso pode ser tratada ainda por meio de um instrumento tal como um filtro ou uma centrífugadora de lodos.

Assim sendo, regulando o caudal de água com uma válvula 14 de regulação de caudal, montada na saída de água do depósito de tratamento, e regulando o caudal de água com a válvula 572, montada na saída de água do dispositivo de remoção flutuante, por forma a estabelecer o equilíbrio entre a velocidade de flutuação e remoção e a velocidade de descarga, é possível alcançar o objectivo do procedimento contínuo de flutuação e remoção.

A figura 7 é uma vista esquemática que ilustra uma variante preferencial do sistema da presente invenção. A massa de água 71 que se pretende tratar vai passar sequencialmente por um dispositivo A de pré-tratamento, por um dispositivo B electroquímico, por um dispositivo C de pós-tratamento e por um dispositivo D de remoção

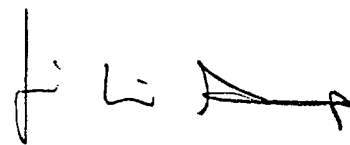
flutuante, até se transformar finalmente numa água depurada que pode ser lançada para o meio ambiente. O número de referência 73 representa os lodos. O dispositivo A de pré-tratamento compreende um depósito A1 de agente condutor, um depósito A2 de catalisador, um depósito A3 de ácido e um depósito A4 de uma base, sendo aqui ajustados o pH e a condutividade da massa de água para valores convenientes, de modo a que o tratamento electroquímico subsequente seja bem executado. O dispositivo B electroquímico é ligado a uma fonte de alimentação N e a sua estrutura interna está ilustrada na figura 6. O dispositivo B electroquímico pode aumentar o tamanho das partículas de impurezas e fornecer-lhes energia para que estas sejam facilmente isoladas e separadas da água. O dispositivo C de pós-tratamento compreende um depósito C1 de coagulante, um depósito C2 de agente estabilizador, um depósito C3 de ácido e um depósito C4 de uma base para ajustar as propriedades da água, antes das impurezas serem removidas ao flutuarem. O dispositivo D de remoção flutuante utiliza a energia absorvida pelas impurezas e pelas bolhas também aplicadas quando necessário para separar facilmente as impurezas da água.

A presente invenção irá ser agora minuciosamente descrita por meio de exemplos. Nos exemplos subsequentes, salvo quando explicitamente designado, a expressão 'placa condutora'* designa qualquer placa condutora que não esteja ligada à fonte de alimentação, cabendo a qualquer placa condutora ligada à fonte de alimentação a designação de placa electródica*.

Variantes

1ª Variante. Experiência com látex

1) Massa de água sujeita a experiência: massa de água purificada à qual se acrescentou látex natural com uma concentração de 1000 mg/L. Ajustou-se o valor do pH para cerca de 2 com ácido sulfúrico. Ajustou-se a condutividade para 800 μ S/cm com uma solução de NaCl. O valor do parâmetro CQO da massa de água estava com-



preendido aproximadamente entre 1000 mg/L e 1500 mg/L, a visibilidade era < 5 cm e a temperatura estava entre 20°C e 30°C .

2) Instrumentos utilizados na experiência

Fonte de alimentação: fonte de alimentação de corrente contínua com uma tensão de saída de 500 V e uma corrente de saída de 30 A.

Depósito de reacção: duas placas electródicas e oito placas condutoras montadas paralelamente ao fundo e afastadas entre si, todas elas com as mesmas dimensões de 3,5 cm de largura por 13 cm de comprimento por 0,2 cm de espessura, sendo a distância entre as placas electródicas de 10,6 cm e estando as placas condutoras montadas entre as placas electródicas a espaços iguais, sendo as placas electródicas e as placas condutoras feitas de ferro, estando o ânodo da fonte de alimentação ligado à placa electródica superior e estando o cátodo da fonte de alimentação ligado à placa electródica inferior (ou então fica o cátodo da fonte de alimentação ligado à placa electródica superior e o ânodo da fonte de alimentação ligado à placa electródica inferior). O depósito de reacção é encerrado num reservatório fechado para fazer com que a massa de água corra em sentido ascendente, descrevendo um circuito em ziguezague.

Bomba e motor: permitem regular continuamente o caudal de água para valores compreendidos entre 1 cm^3 e $1000\text{ cm}^3/\text{minuto}$.

3) Procedimentos experimentais: faz-se passar o caudal de água em sentido ascendente através de um espaço entre as placas electródicas e as placas condutoras, descrevendo uma trajectória em ziguezague. Liga-se a fonte de alimentação e regula-se a tensão eléctrica aplicada para se ajustar a intensidade do campo eléctrico. Ignorar a água tratada que tenha sido recolhida durante os primeiro cinco minutos, pois nesse período o aparelho ainda está a aquecer. Retirar amostras da água tratada que esteja a ser obtida já de forma contínua.

4) Condições operacionais: intensidade do campo eléctrico: 3V/cm .
pressão: pressão normal

f L A

caudal: 455 cm³/minuto

pressão dentro do depósito: < 2 kg/cm²

temperatura: 25°C.

5) Resultados experimentais: a massa de água está turva e o valor do seu pH é da ordem de 4-5. A massa de água está colocada dentro de um reservatório e durante breves instantes permanece em repouso e depois verifica-se que a massa de água se desloca para cima e para baixo. No caso de ser utilizada uma solução de NaOH para ajustar o valor do pH para cerca de 8,0, as impurezas existentes na massa de água coagulam rapidamente, formando um agregado em 1 minuto, o qual fica a flutuar à superfície da água, ficando a água subjacente transparente e límpida. Retira-se uma amostra de água limpa para análise de CQO e o resultado obtido confirma que o valor da CQO é inferior a 200 mg/L. Retira-se uma amostra de água limpa para uma análise de visibilidade e o resultado obtido comprova que a visibilidade é superior a 30 cm. Se o ajustamento do valor do pH para cerca de 8,0 for executado depois de a massa de água ter estado em repouso durante 30 minutos, as impurezas vão para o fundo.

Variante 2

A presente invenção mostra o efeito dos parâmetros intensidade eléctrica, caudal da massa de água, condutividade, valor do pH, temperatura e pressão e ainda o efeito dos materiais e da combinação de placas electródicas e condutoras sobre o tratamento da água.

Formulação da massa de água utilizada na experiência

1. Materiais:

- 1) água ultrapura: é água ultrapura utilizada na indústria dos semicondutores e que possui uma condutividade inferior a 1 µS/cm
- 2) electrólito: NaCl a 99,9%
- 3) reagente acidificante: H₂SO₄ a 99,9%
- 4) reagente alcalinizante: NaOH a 99,9%
- 5) impurezas A: tinta

f L A

6) impurezas B: 'Nº 36 Chrome Yellow Poster Colors' da marca: OSAMA

7) impurezas C: pó de silício que é o pó moído que sai das pastilhas semicondutoras e cujas partículas têm dimensões inferiores a 1µm.

2. Procedimento de formulação

1) medir uma determinada quantidade de água ultrapurificada e verter a água medida dentro de um recipiente limpo;

2) medir uma quantidade adequada de impurezas e acrescentar essas impurezas à água;

3) acrescentar H_2SO_4 ou NaOH à água para ajustar o valor do pH;

4) acrescentar NaCl à água para ajustar a condutividade;

5) filtrar a água resultante com papel de filtro nº 5; a visibilidade do filtrado é inferior a 5 cm;

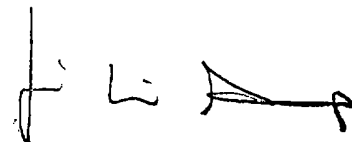
3. Indicador das propriedades da água (visibilidade)

O indicador que traduz a quantidade de impurezas existentes na massa de água pode ser a concentração das impurezas, a concentração dos sólidos em suspensão, a turbidez, a cor, a CQO, a CBO, a visibilidade, etc.. Nesta experiência é utilizado o parâmetro visibilidade como indicador das propriedades da água, por razões de facilidade de comparação e descrição. A unidade é o centímetro (cm).

4. Valores numéricos e propriedades das amostras de água tratadas.

QUADRO 1

Amostra n°	Espécies de impurezas	Concentração formulada	Valor de pH	Condutividade	Visibilidade
W ₁	A	500 mg/L	6,5	0,98 µS/cm	< 5 cm
W ₂	B	200 mg/L	6,5	0,98 µS/cm	< 5 cm
W ₃	C	SS 1000 mg/L	6,4	0,98 µS/cm	< 5 cm
W ₄	A	500 mg/L	6,5	800 µS/cm	< 5 cm
W ₅	B	200 mg/L	6,5	800 µS/cm	< 5 cm
W ₆	C	SS 1000 mg/L	6,4	800 µS/cm	< 5 cm
W ₇	A	500 mg/L	6,5	254 µS/cm	< 5 cm
W ₈	B	200 mg/L	6,4	254 µS/cm	< 5 cm
W ₉	C	SS 1000 mg/L	6,5	254 µS/cm	< 5 cm
W ₁₀	A	250 mg/L	6,7	2000 µS/cm	< 5 cm
	C	SS 1000 mg/L			
W ₁₁	A	500 mg/L	0,1	208 µS/cm	< 5 cm
W ₁₂	B	200 mg/L	0,1	208 µS/cm	< 5 cm
W ₁₃	C	SS 1000 mg/L	0,1	208 µS/cm	< 5 cm
W ₁₄	A	500 mg/L	6,5	800 µS/cm	< 5 cm
W ₁₅	B	200 mg/L	6,5	800 µS/cm	< 5 cm
W ₁₆	C	SS 1000 mg/L	6,5	800 µS/cm	< 5 cm
W ₁₇	A	500 mg/L	13,4	238 µS/cm	< 5 cm
W ₁₈	B	200 mg/L	13,4	238 µS/cm	< 5 cm
W ₁₉	C	SS 100 mg/L	13,4	238 µS/cm	< 5 cm
W ₂₀	A	500 mg/L	5,4	0,98 µS/cm	< 5 cm
W ₂₁	B	200 mg/L	5,4	0,98 µS/cm	< 5 cm
W ₂₂	C	SS 100 mg/L	5,4	0,98 µS/cm	< 5 cm
W ₂₃	A	500 mg/L	7,6	100 µS/cm	< 5 cm
W ₂₄	B	200 mg/L	7,6	100 µS/cm	< 5 cm
W ₂₅	C	SS 100 mg/L	7,6	100 µS/cm	< 5 cm
W ₂₆	A	500 mg/L	7,3	254 µS/cm	< 5 cm
W ₂₇	B	200 mg/L	7,3	254 µS/cm	< 5 cm
W ₂₈	C	SS 100 mg/L	7,3	254 µS/cm	< 5 cm



Aparelho experimental

1. Aparelho básico

1) Fonte de alimentação: corrente contínua (CC), tensão eléctrica ajustável para um valor entre 0 e 500 V, corrente de saída com um máximo de 30 A

2) Bomba e motor: caudal de bombagem ajustável para um valor entre 1 cm³ e 100 cm³ por minuto.

3) Instalação do depósito de reacção: as placas electródicas e as placas condutoras são montadas paralelamente, ficando as placas condutoras situadas entre as placas electródicas a espaços iguais e paralelas ao fundo, sendo o ânodo da fonte de alimentação ligado à placa electródica superior e o cátodo da fonte de alimentação ligado à placa electródica inferior (ou sendo o ânodo da fonte de alimentação ligado à placa electródica inferior e o cátodo da fonte de alimentação ligado à placa electródica superior), ficando então o depósito encerrado dentro de um reservatório fechado isolador e que foi concebido para conter a massa de água que flui ao longo do circuito ascendente em ziguezague.

4) Dimensões das placas electródicas e das placas condutoras: 13 cm de comprimento por 3 cm de largura por 0,2 cm de espessura.

5) Compressor de ar: pressão até 110 kg/cm².

2. Tipos de depósito de reacção

QUADRO 2

Depósito n°	Placa electródica		Placa condutora		Distância entre dois eléctrodos (cm)
	material	número da peça	material	número da peça	
* R ₀	Fe	10	--	--	0,5
* R ₁	Fe	10	--	--	1,0
R ₂	Fe	2	Fe	8	10,6
R ₃	Fe	2	Fe	80	97
R ₄	Al	2	Al	8	10,6
R ₅	Fe	2	Fe	16	20,2
R ₆	Ag	2	Ag	8	10,6
R ₇	Cu	2	Cu	8	10,6
R ₈	Au	2	Au	8	10,6
R ₉	Zn	2	Zn	8	10,6
R ₁₀	Cd	2	Cd	8	10,6
R ₁₁	Pt	2	Pt	8	10,6
R ₁₂	Sn	2	Sn	8	10,6
R ₁₃	Cr	2	Cr	8	10,6
R ₁₄	Pb	2	Pb	8	10,6
R ₁₅	Sb	2	Sb	8	10,6
R ₁₆	Ti	2	Ti	8	10,6
R ₁₇	Mn	2	Mn	8	10,6

* Exemplo de comparação

f L A

Depósito n°	Placas electrónicas		Placas condutoras						Distância entre dois eléctrodos (cm)
	material	número da peça	material	número da peça	material	número da peça	material	número da peça	
R ₁₈	azurite	2	azurite	8	--	--	--		10,6
R ₁₉	calcopirite	2	calcopirite	8	--	--	--		10,6
R ₂₀	aço	2	aço inoxidável	8	--	--	--		10,6
R ₂₁	'alferon'	2	'alferon'	8	--	--	--		10,6
R ₂₂	'chromel'	2	'chromel'	8	--	--	--		10,6
R ₂₃	grafite	2	grafite	8	--	--	--		10,6
R ₂₄	Fe	2	Al	8	--	--	--		10,6
R ₂₅	Al	2	Fe	4	Zn	4	--		10,6
R ₂₆	Fe	2	Al	3	Zn	3	Cu	2	10,6
R ₂₇	aço inoxidável	2	grafite	2	azurite	3	calcopirite	3	10,6
R ₂₈	Fe	2	Fe	8x1	--	--		--	10,6
R ₂₉	Fe	10	Fe	8x9	--	--		--	10,6
R ₃₀	Fe	40	Fe	1x39	--	--		--	10,6
R ₃₁	Fe	81	Fe	0	--	--		--	10,6
R ₃₂	Fe	2	Fe	4x1	--	--		--	10,6
R ₃₃	Fe	2	Fe	20x1	--	--		--	10,6
R ₃₄	Fe	2	Fe	40x1	--	--		--	10,6
R ₃₅	Fe	2	Fe	80x1	--	--		--	10,6

Observações:

- 1) azurite: 95% Cu, 5% Zn
- 2) calcopirite: 70% Cu, 30% Zn
- 3) aço inoxidável: 74% Fe, 18% Cr, 8% Ni
- 4) 'alferon': 82,25% Fe, 14,25% Cr, 3,5% Al
- 5) 'chromel': 50% Fe, 30% Ni, 20% Cr
- 6) secção do circuito de passagem através do depósito de reacção
R₀: 1,5 cm²
- 7) secção dos circuitos de passagem através dos outros depósitos de reacção: 3 cm².

f L A

Dados e Resultados Experimentais

1. Experiência sobre as intensidades do campo eléctrico

QUADRO 3

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Intensidade do campo eléctrico	Passo da experiência	Efeito do tratamento (visibilidade)
1	R ₁	W ₁	1000 V/cm	A	> 30 cm
2	R ₁	W ₂	1000 V/cm	A	> 30 cm
3	R ₁	W ₃	1000 V/cm	A	> 30 cm
4	R ₂	W ₄	15 V/cm	A	> 30 cm
5	R ₂	W ₅	15 V/cm	A	> 30 cm
6	R ₂	W ₆	15 V/cm	A	> 30 cm
7	R ₃	W ₇	0,1 V/cm	A	> 30 cm
8	R ₃	W ₈	0,1 V/cm	A	> 30 cm
9	R ₃	W ₉	0,1 V/cm	A	> 30 cm

Observações:

- 1) temperatura da água: 25°C
- 2) velocidade da massa de água: $F = 4,32 \text{ cm/s}$
- 3) pressão da água: $< 2 \text{ kg/cm}^2$

O quadro anterior permite concluir que os tratamentos realizados com os tipos de água sujeitos a um campo eléctrico com uma intensidade compreendida entre 0,1 V/cm e 1000 V/cm proporcionaram efeitos satisfatórios.

2. Experiências relativas à velocidade de passagem da massa de água

QUADRO 4

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Velocidade da água	Passo da experiência	Efeito do tratamento (visibilidade)
10	R ₂	W ₄	0	B	> 30 cm
11	R ₂	W ₅	0	B	> 30 cm
12	R ₂	W ₆	0	B	> 30 cm
13	R ₂	W ₄	4,32 cm/s	A	> 30 cm
14	R ₂	W ₅	4,32 cm/s	A	> 30 cm
15	R ₂	W ₆	4,32 cm/s	A	> 30 cm
16	R ₃	W ₄	3,89 cm/s	A	> 30 cm
17	R ₃	W ₅	3,89 cm/s	A	> 30 cm
18	R ₃	W ₆	3,89 cm/s	A	> 30 cm

f L A

Observações:

- 1) temperatura da água: 25°C
- 2) intensidade do campo eléctrico: 15 V/cm
- 3) pressão da água: < 2 kg/cm²

O quadro anterior permite concluir que os tratamentos efectuados com diversos tipos de água com velocidades de passagem compreendidas entre 0 e 3,8 m/s proporcionaram efeitos satisfatórios.

3. Experiências sobre as condutividades das massas de água

QUADRO 5

Experiência nº	Depósito de reacção	Tipo de água	Condutividade	Passo da experiência	Efeito do tratamento (visibilidade)
19	R ₁	W ₂₀	0,98 µS/cm	A	> 30 cm
20	R ₁	W ₂₁	0,98 µS/cm	A	> 30 cm
21	R ₁	W ₂₂	0,98 µS/cm	A	> 30 cm
22	R ₂	W ₂₃	100 µS/cm	A	> 30 cm
23	R ₂	W ₂₄	100 µS/cm	A	> 30 cm
24	R ₂	W ₂₅	100 µS/cm	A	> 30 cm
25	R ₅	W ₂₆	254 mS/cm	A	> 30 cm
26	R ₅	W ₂₇	254 mS/cm	A	> 30 cm
27	R ₅	W ₂₈	254 mS/cm	A	> 30 cm

Observações:

- 1) temperatura da água: 25°C
- 2) velocidade da massa de água: 4,32 cm/s
- 3) intensidade do campo eléctrico: experiências 19, 20 e 21: 250 V/cm
experiências 22, 23 e 24: 15 V/cm
experiências 25, 26 e 27: 1 V/cm
- 4) pressão da água: < 2 kg/cm²

O quadro anterior permite concluir que os tratamentos efectuados sobre as amostras de água com condutividades compreendidas entre 0,98 µS/cm e 254 µS/cm proporcionaram efeitos satisfatórios.

f L A

4. Experiências sobre os valores do pH das massas de água

QUADRO 6

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	pH	Passo da experiência	Efeito do tratamento (visibilidade)
28	R ₂	W ₁₁	0	A	> 30 cm
29	R ₂	W ₁₂	0	A	> 30 cm
30	R ₂	W ₁₃	0	A	> 30 cm
31	R ₂	W ₁₄	6,5	A	> 30 cm
32	R ₂	W ₁₅	6,5	A	> 30 cm
33	R ₂	W ₁₆	6,5	A	> 30 cm
34	R ₄	W ₁₇	14	A	> 30 cm
35	R ₄	W ₁₈	14	A	> 30 cm
36	R ₄	W ₁₉	14	A	> 30 cm

Observações:

- 1) temperatura da água: 25°C
- 2) velocidade da massa de água: 4,32 cm/s
- 3) intensidade do campo eléctrico: 15 V/cm
- 4) pressão da água: < 2 kg/cm²

O quadro anterior permite concluir que os tratamentos efectuados sobre as amostras de água com valores de pH compreendidos entre 0 e 14 proporcionaram efeitos satisfatórios.

5. Experiências sobre as temperaturas das massas de água

QUADRO 7

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Temperatura da água	Passo da experiência	Efeito do tratamento (visibilidade)
37	R ₂	W ₄	0°C	A	> 30 cm
38	R ₂	W ₅	0°C	A	> 30 cm
39	R ₂	W ₆	0°C	A	> 30 cm
40	R ₂	W ₄	25°C	A	> 30 cm
41	R ₂	W ₅	25°C	A	> 30 cm
42	R ₂	W ₆	25°C	A	> 30 cm
43	R ₂	W ₄	100°C	A	> 30 cm
44	R ₂	W ₅	100°C	A	> 30 cm
45	R ₂	W ₆	100°C	A	> 30 cm

f L A

Observações:

- 1) velocidade da massa de água: $F = 4,32 \text{ cm/s}$
- 2) intensidade do campo eléctrico: $E = 15 \text{ V/cm}$
- 3) pressão da água: $< 2 \text{ kg/cm}^2$

O quadro anterior permite concluir que os tratamentos efectuados sobre as amostras de água com temperaturas compreendidas entre 0°C e 100°C proporcionaram efeitos satisfatórios. Dito por outras palavras, a massa de água pode ser perfeitamente tratada desde que se mantenha em fase líquida.

6. Experiências sobre as pressões nas massas de água

QUADRO 8

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Pressão da água	Passo da experiência	Efeito do tratamento (visibilidade)
46	R_2	W_4	2 kg/cm^2	A	$> 30 \text{ cm}$
47	R_2	W_5	2 kg/cm^2	A	$> 30 \text{ cm}$
48	R_2	W_6	2 kg/cm^2	A	$> 30 \text{ cm}$
49	R_2	W_4	10 kg/cm^2	C	$> 30 \text{ cm}$
50	R_2	W_5	10 kg/cm^2	C	$> 30 \text{ cm}$
51	R_2	W_6	10 kg/cm^2	C	$> 30 \text{ cm}$
52	R_2	W_4	50 kg/cm^2	C	$> 30 \text{ cm}$
53	R_2	W_5	50 kg/cm^2	C	$> 30 \text{ cm}$
54	R_2	W_6	50 kg/cm^2	C	$> 30 \text{ cm}$

Observações:

- 1) temperatura da água: 25°C
- 2) intensidade do campo eléctrico: $E = 15 \text{ V/cm}$
- 3) velocidade da massa de água: 6 cm/s (experiências 46, 47 e 48)
e nas outras (experiências 49 - 54): 0 cm/s

As experiências 1- 45, realizadas à pressão normal e nas condições explicitadas no quadro anterior, permitem concluir que os tratamentos efectuados sobre as amostras de água com pressões compreendidas entre o valor normal e 50 kg/cm^2 proporcionaram efeitos satisfatórios. Dito por outras palavras, a massa de água pode ser tratada perfeitamente desde que se mantenha em fase líquida.

f L A

7. Experiências sobre as resistividades dos materiais de que são feitas as placas electródicas e as placas condutoras

A. Elementos metálicos

QUADRO 9

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Materiais de que são feitas as placas electródicas e as placas condutoras	Resistividade ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	Efeito do tratamento (visibilidade)
55	R ₆	W ₄	Ag	1,59, 20°C	> 30 cm
56	R ₇	W ₄	Cu	1,673, 20°C	> 30 cm
57	R ₈	W ₄	Au	2,49, 0°C	> 30 cm
58	R ₄	W ₄	Al	2,655, 20°C	> 30 cm
59	R ₉	W ₄	Zn	5,916, 20°C	> 30 cm
60	R ₁₀	W ₄	Cd	6,83, 0°C	> 30 cm
61	R ₂	W ₄	Fe	9,71, 20°C	> 30 cm
62	R ₁₁	W ₄	Pt	9,83, 0°C	> 30 cm
63	R ₁₂	W ₅	Sn	11,5, 20°C	> 30 cm
64	R ₁₃	W ₄	Cr	13,0, 28°C	> 30 cm
65	R ₁₄	W ₄	Pb	20,65, 20°C	> 30 cm
66	R ₁₅	W ₄	Sb	39,0, 0°C	> 30 cm
67	R ₁₆	W ₄	Ti	80, 0°C	> 30 cm
68	R ₁₇	W ₄	Mn	185, 20°C	> 30 cm

Observações:

- 1) velocidade da massa de água: $F = 4,32 \text{ cm/s}$
- 2) intensidade do campo eléctrico: $E = 15 \text{ V/cm}$
- 3) pressão da água: $< 2 \text{ kg/cm}^2$
- 4) temperatura da água: 25°C
- 5) passo da experiência: A

O quadro anterior permite concluir que a utilização de placas electródicas e de placas condutoras feitas de materiais que tenham resistividades compreendidas entre $1,59 \mu\Omega\cdot\text{cm}$ e $185 \mu\Omega\cdot\text{cm}$ proporciona efeitos satisfatórios.

B. Ligas

f l A

QUADRO 10

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Materiais de que são feitas as placas electródicas e as placas condutoras	Resistividade ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	Efeito do tratamento (visibilidade)
69	R ₁₈	W ₄	azurite	10	> 30 cm
70	R ₁₉	W ₄	calcopirite	11	> 30 cm
71	R ₂₀	W ₄	aço inoxidável	70	> 30 cm
72	R ₂₁	W ₄	'alferon'	112	> 30 cm
73	R ₂₂	W ₄	'chromel'	112	> 30 cm

Observações:

- 1) velocidade da massa de água: $F = 4,32 \text{ cm/s}$
- 2) intensidade do campo eléctrico: $E = 15 \text{ V/cm}$
- 3) pressão da água: $< 2 \text{ kg/cm}^2$
- 4) temperatura da água: 25°C
- 5) passo da experiências: A

O quadro anterior permite concluir que os efeitos do tratamento das massas de água continuam a ser satisfatórios quando as placas electródicas e as placas condutoras são feitas de ligas de dois ou vários metais.

C. Elementos não metálicos

QUADRO 11

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Materiais de que são feitas as placas electródicas e as placas condutoras	Resistividade ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	Efeito do tratamento (visibilidade)
74	R ₂₃	W ₁₀	grafite	1,300, 0°C	> 30 cm

Observações:

- 1) velocidade da massa de água: $F = 4,32 \text{ cm/s}$
- 2) intensidade do campo eléctrico: $E = 15 \text{ V/cm}$
- 3) pressão da água: $< 2 \text{ kg/cm}^2$
- 4) temperatura da água: 25°C
- 5) passo da experiência: A

O quadro anterior permite concluir que os efeitos do tratamento efectuado sobre a massa de água são bastante excelentes quando as

f L A

placas electródicas e as placas condutoras são feitas de elementos não metálicos. Chama-se a atenção especialmente para o excelente efeito do tratamento mesmo nos casos em que a resistividade é da ordem de $1300 \mu\Omega.\text{cm}$.

D. Materiais combinados

QUADRO 12

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Materiais de que são feitas as placas electródicas e as placas condutoras	Resistividade ($\mu\Omega.\text{cm}$)	Efeito do tratamento (visibilidade)
75	R ₂₄	W ₁	Fe, Al	11	> 30 cm
76	R ₂₅	W ₁	Al, Fe, Zn	70	> 30 cm
77	R ₂₆	W ₁	Fe, Al, Zn, Cu	112	> 30 cm
78	R ₂₇	W ₁	aço inoxidável, grafite, azurite, calcopirite	112	> 30 cm

Observações:

- 1) velocidade da massa de água: $F = 4,32 \text{ cm/s}$
- 2) intensidade do campo eléctrico: $E = 15 \text{ V/cm}$
- 3) pressão da água: $< 2 \text{ kg/cm}^2$
- 4) temperatura da água: 25°C
- 5) passo da experiências: A

O quadro anterior permite concluir que os efeitos do tratamento da massa de água são ainda satisfatórios quando as placas electródicas e as placas condutoras são feitas de uma combinação de dois ou vários metais.

8. Experiências com placas electródicas múltiplas e placas condutoras múltiplas

Os inventores prepararam um depósito de reacção com um conjunto de placas electródicas portadoras de cargas alternadamente positivas e negativas e incorporaram diversas placas condutoras entre as placas electródicas para estudar o efeito das placas electródicas múltiplas e das placas condutoras múltiplas sobre o tratamento da massa de água. Os resultados experimentais obtidos estão agrupados no quadro seguinte:

f L A

QUADRO 13

Experiência n°	Depósito de reacção	Tipo de água	Intensidade do campo eléctrico	Passo da experiência	Efeito do tratamento (visibilidade)
79	R ₂₈	W ₄	15 V/cm	A	> 30 cm
80	R ₂₉	W ₄	15 V/cm	A	> 30 cm
81	R ₃₀	W ₂₃	200 V/cm	A	> 30 cm
82	R ₃₁	W ₂₃	200 V/cm	A	> 30 cm
83	R ₃₂	W ₄	15 V/cm	A	> 30 cm
84	R ₃₃	W ₁₀	15 V/cm	A	> 30 cm
85	R ₃₄	W ₇	1 V/cm	A	> 30 cm
86	R ₃₅	W ₇	1 V/cm	A	> 30 cm

Observações:

- 1) pressão da água: < 2 kg/cm²
- 2) temperatura da água: 25°C
- 3) velocidade da massa de água: 4,32 cm/s

O quadro anterior permite concluir que ao tratar diversas massas de água é possível obter um bom efeito de tratamento da água mediante uma regulação conveniente da intensidade do campo eléctrico, utilizando dois ou mais placas electródicas montadas sequencialmente e instalando entre 0 e várias placas condutoras entre os dois eléctrodos.

Variante 3

A presente variante ilustra os tratamentos efectuados com água residual (A) e (B) da indústria de tinturaria e (C) e (D) da indústria celulósica. As condições de tratamento e as propriedades das massas de água antes e depois de terem sido tratadas estão indicadas no quadro 14.

f. L. A.

QUADRO 14

Tipo de água	Amostra	Visibilidade (cm)	Temperatura (°C)	pH	Condutividade	Período do ciclo de mudança de polaridade (min)	SS (mg/l)	QD (mg/l)	Tensão (v)	Densidade da corrente (A/ /polegada ²)	Material de que são feitas as placas condutoras
águas residuais da indústria de tinturaria (A)	não tratada	3,1	21	6,2	0,5		170	945			
	tratada 1	30	23	8,3	0,71	5	5	82	150	1,20	Al
	tratada 2	30	24	8,5	0,71	10	5	120	200	1,67	Fe
águas residuais da indústria de tinturaria (B)		4,9	22	11	4,90		102	885			
		30	24	7,5	4,90	30	10	148	50	1,27	Al
		30	24	8	4,90	80	10	98	130	1,7	Fe
águas residuais da indústria de celulose (C)		5	20	5,8	0,7		120	1010			
		30	22	8,0	0,7	90	2	90	200	6	Al
		30	22	7,6	0,7	120	2	120	50	5,5	Fe
águas residuais da indústria de celulose (D)		8,5	20	4,5	9,0		85	1500			
		30	22	7,5	9,0	90	2	180	50	5,5	Al
		30	22	8,2	9,0	60	2	120	100	15	Fe

período de tratamento da massa de água: 1 minuto

pressão de tratamento: 200 cm H₂O

eléctrodo: aço inoxidável #304

superfície condutora das placas: 120 polegada².

Variante 4

A presente variante demonstra que o método da presente invenção pode economizar electricidade.

A energia eléctrica aplicada na presente invenção tem as seguintes finalidades:

- 1) alimentar a bomba premente para bombear a massa de água e
- 2) proporcionar uma tensão eléctrica aos eléctrodos para induzir a polarização das impurezas.

f L A

Devido à energia eléctrica necessária para efeitos de indução da polarização das impurezas é possível economizar uma quantidade considerável de energia durante o tratamento das águas residuais. O quadro 15 traduz o consumo de energia de um aparelho do tipo descrito, instalado num restaurante localizado na Universidade Nacional de Jiao-Tong para tratar as águas residuais da cozinha.

O quadro permite concluir que a energia eléctrica consumida para tratar uma tonelada de água residual é inferior a 0,15 unidades lidas no contador, o que é mais económico do que qualquer método anterior.

QUADRO 15

Exemplo	Data	Unidades de electricidade indicadas no contador			Unidades de electricidade indicadas no contador			Consumo médio para o tratamento de água (unidades/ton)
	ano/mês/ /dia	inicial	final	diferença	inicial	final	diferença	
E	1994/3/3	17,8	18,3	0,5	28,5	32	3,5	0,143
F	1994/3/7	18,5	18,75	0,25	34	37,5	3,5	0,072
G	1994/3/8	18,9	19,4	0,5	40	49	9	0,056
H	1994/3/1 0	19,9	20,5	0,35	51	54	3	0,117

Observações:

As condições de trabalho são as que a seguir se indica:

tensão: 170 V

intensidade do campo eléctrico: 8,5 V/cm

material do eléctrodo: placa de titânio recoberta com platina

número de placas condutoras: 30

comprimento do circuito de passagem: 18 m

material das placas condutoras: ferro

	Valor do pH	Condutividade
Exemplo E	6,5	1,831 μ S/cm
Exemplo F	6,8	1,419 μ S/cm
Exemplo G	6,4	1,350 μ S/cm
Exemplo H	6,9	1,178 μ S/cm

visibilidade da água não tratada: < 6 cm (Exemplos E ~H)

f L A

visibilidade da água tratada: > 30 cm (Exemplos E ~H)

Variante 5

A presente variante ilustra os resultados do funcionamento do aparelho da presente invenção utilizado por 'Jin-Lun Automobile Industry Co., Ltd.'.

A 'Jin-Lun Automobile Industry Co., Ltd.' é uma fábrica de produtos mecânicos. As águas residuais produzidas pela fábrica são uma mistura de águas residuais contendo gasóleo, óleos de têmpera, óleos anticorrosão, iões de ferro e águas residuais das cozinhas. As propriedades das águas não tratadas ou das águas tratadas de acordo com a presente invenção estão indicadas no quadro 16 (período de tratamento: 1 minuto).

QUADRO 16

Exemplos	Relatório de inspecção	Artigo	Água não tratada	Água tratada	Grau de remoção de impurezas
I	93G15B062 EV82B1427	sólidos em suspensão (mg/L)	34600	< 4	99,99%
		CQO (mg/L)	85300	29,7	99,97%
		ferro (mg/L)	1700	1,38	99,92%
		gorduras totais (mg/L)	6593	8,7	99,87%
J	93G15B062 EV82B1427	sólidos em suspensão (mg/L)	7450	< 4	99,95%
		CQO (mg/L)	39800	22,3	99,94%
		ferro (mg/L)	1690	1,32	99,92%

Observações:

- as condições de trabalho são as que a seguir se indica
- tensão: 170 V
- intensidade do campo eléctrico: 8,5 V/cm
- material dos eléctrodos: placas de titânio recobertas com platina
- número de placas condutoras: 30
- comprimento do circuito: 18 m
- material das placas condutoras: ferro
- capacidade de tratamento: 2 m³/hora

	Valor do pH	Condutividade
Exemplo I	6,8	804 $\mu\text{S/cm}$
Exemplo J	6,6	766 $\mu\text{S/cm}$

2. A organização que recolheu as amostras e fez as inspecções é uma empresa fiscalizadora aprovada pela instituição 'Environment Protection Agency' de R.O.C..

Os resultados agrupados no quadro 16 permitem concluir que o aparelho da presente invenção permite remover as impurezas das águas residuais numa percentagem superior a 99% num período curto. Além do mais, permite tratar directamente a massa de água em que o valor da CQO seja superior a 80 000 e o teor em sólidos em suspensão seja da ordem de 30 000. Não era possível obter estes resultados com a técnica anterior.

Ao fim de uma inspecção a longo prazo, o consumo médio de energia eléctrica para tratar as águas residuais desta empresa foi de 1,2 kwh/ton de águas residuais. O consumo específico de energia (Es) pode ser calculado em conformidade com a expressão seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Es} &= \text{energia eléctrica solicitada/quantidade de remoção de CQO} \\ &= (0,2 \text{ kwh/ton}) / ((85300-29,7) \text{ mg/L}) \\ &= (0,2 \text{ kwh} \times 10^{-3} \text{ L}) / (85270,3 \text{ mg/L} \times 10^{-6} \text{ kg/mg}) \\ &= 0,023 \text{ kwh/kg-CQO} \end{aligned}$$

O consumo específico de energia, de acordo com a presente invenção, está compreendido entre 1% e 0,1% do consumo verificado com os métodos contínuos de flutuação e remoção de colóides electrolisados, propostos pelos já referidos professores Lee e Yan.

Além disso, a deposição de contaminantes no circuito em ziguezague é muito pequena ao fim de um período longo de utilização, o que pode ser demonstrado pelo facto de a superfície transversal do circuito em ziguezague ser de 30 cm x 1 cm antes da utilização e continuar a ser de 30 cm x 1 cm após uma utilização de mais de um ano.

f L A

Por outro lado, não foram observados nenhuns danos dignos de nota das placas electródicas ou dieléctricas. A espessura das placas, que era de 10 mm antes da utilização, continuou a ser a mesma ao fim de uma utilização de mais de um ano.

Variante 6

Os resultados do tratamento mediante a aplicação de diversos campos eléctricos às impurezas, graças à aplicação de diversas tensões eléctricas entre os dois eléctrodos, estão agrupados no quadro 17. O quadro 17 permite concluir que, ao fazer baixar a intensidade do campo eléctrico para 0,5 mV/cm, a percentagem de remoção de CQO cai para menos de 5% e deixa pois de ser praticável.

QUADRO 17

Exemplo	Intensidade do campo eléctrico	CQO da água tratada	Percentagem de remoção da CQO
K	1,25 V/cm	1440 mg/L	43,75%
L	1 V/cm	1408 mg/L	245%
M	0,25 V/cm	1456 mg/L	43,13%
N	50 V/cm	1586 mg/L	38,05%
O	25 V/cm	1880 mg/L	26,56%
P	2,5 V/cm	2340 mg/L	8,59%
Q	0,5 V/cm	25000 mg/L	2,3%

Observações:

1. intensidade do campo eléctrico: tensão/distância entre eléctrodos
2. distância entre eléctrodos: 20 cm
3. número de placas condutoras: 30
4. comprimento do circuito de passagem: 600 cm
5. velocidade de escoamento: 10 cm/min
6. valor do pH: 7,66
7. CQO da água não tratada: 2560 mg/L
8. condutividade: $175 \times 10^3 \mu\text{S/cm}$
9. fonte de águas residuais
10. material de que são feitas as placas electródicas: placas de titânio recobertas com platina
11. material de que são feitas as placas condutoras: ferro

f L A

Variante 7

A presente variante incide sobre o estudo respeitante ao efeito das velocidades de escoamento sobre os resultados do tratamento. O quadro 18 permite concluir que a percentagem de remoção da CQO é da ordem de 37,69% mesmo quando a velocidade de escoamento é de 3,89 m/s. Assim sendo, conclui-se dos quadros 4 e 5 que é possível obter resultados satisfatórios quando as velocidades de escoamento estão compreendidas entre 10 cm/minuto e 3,89 m/s.

QUADRO 18

Exemplo	Qualidade da água tratada (m ³ /h)	Velocidade de escoamento (m/s)	CQO da água tratada (mg/L)	Percentagem de remoção da CQO
R	10	0,92	72,2	88,89%
S	15,5	1,44	102	84,31%
T	22,7	2,10	240	63,08%
U	31	2,87	330	49,23%
V	42	3,89	405	37,69%

Observações:

1. velocidade de escoamento = quantidade de água tratada (m³)/área da secção transversal do circuito em zig-zague
2. distância entre eléctrodos: 20 cm
3. número de placas condutoras: 30
4. comprimento do circuito de passagem: 1800 cm
5. intensidade do campo eléctrico: 8,5 V/cm
6. valor do pH: 6,2
7. CQO da água não tratada : 650 mg/L
8. condutividade: 1935 µS/cm
9. fonte de águas residuais: águas do restaurante da Universidade de e Jiao-Tong
10. material de que são feitas as placas electródicas: placas de titânio recobertas com platina
11. material de que são feitas as placas condutoras: ferro.

f L A

Variante 8

A presente variante mostra o efeito da presente invenção quando utilizada para a remoção de *coliform bacillus*.

QUADRO 19

Relatório de inspecção n°	Artigo	Água não tratada	Água tratada
93124B106	<i>coliform</i>	2,6x10 ⁵ MPN/100m	< 2MPN/100mL
EV82B1680	<i>bacillus</i>		

Observações:

As condições de trabalho estão indicadas a seguir
tensão: 170 V

intensidade do campo eléctrico: 8,5 V/cm

material dos eléctrodos: placas de titânio recobertas com platina

número de placas condutoras: 30 (material: ferro)

comprimento do circuito de passagem: 18 m

valor do pH: 6,7

condutividade: 780 µS/cm

capacidade de tratamento: 2 m³/hora

Variante 9

A presente variante serve para estudar o efeito da presente invenção sobre a redução da CBO na massa de água. Veja-se o quadro 20.

Devido à existência de gordura, o microrganismo *coliform bacillus* e outros organismos existentes na água têm a sua própria CBO, sendo menor a CBO da água após a remoção do microrganismo *coliform bacillus* e dos outros organismos.

QUADRO 20

Relatório de inspecção n°	Artigo	Água não tratada	Água tratada	Percentagem de redução da CBO
EV81B0928	CBO	653 mg/L	44,6 mg/L	93,27%

Observações:

As condições de trabalho são as que a seguir se indica:

tensão: 170 V

intensidade do campo eléctrico: 8,5 V/cm

número de placas condutoras: 30 (material: ferro)

comprimento do circuito de passagem: 18 m

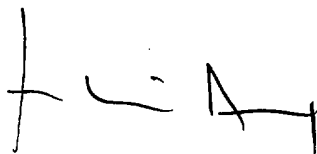
valor do pH: 7,0

condutividade: 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$

capacidade de tratamento: 2 m³/hora

Lisboa, 19 de Julho de 2000

O AGENTE OFICIAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'F. L. A.' or similar, written in a cursive style.

f L A

REIVINDICAÇÕES

1. Método para tratar continuamente uma massa de água utilizando um depósito de tratamento cuidadosamente fechado, em que o referido depósito de tratamento possui uma parte superior e uma parte inferior onde estão previstas respectivamente uma saída de água e uma entrada de água e no qual há um espaço interior onde estão montadas três ou mais placas condutoras praticamente paralelas ao fundo do depósito e praticamente paralelas entre si, de modo a constituírem um circuito em ziguezague cuidadosamente fechado dentro desse depósito, em que as referidas placas condutoras são feitas de um material condutor que possui uma resistividade compreendida entre $1,59 \mu\Omega.\text{cm}$ e $1300\mu\Omega.\text{cm}$ e em que cada par das referidas placa condutoras está electricamente ligado de modo a ficar respectivamente uma ligada a um pólo positivo e a outra a um pólo negativo de uma fonte de alimentação para servirem correspondentemente de ânodo e cátodo, ficando as placas montadas no referido depósito de tratamento de tal forma que placas anódicas e as placas catódicas fiquem dispostas alternadamente, havendo pelo menos uma placa condutora que não é ligada à referida fonte de alimentação e que é montada entre as placas anódica e catódica, sendo a água que se pretende tratar introduzida no referido depósito de tratamento pela referida entrada de água para depois correr em sentido ascendente através do referido circuito em ziguezague, saindo então do referido depósito de tratamento pela referida saída de água, e em que há uma tensão eléctrica que é aplicada entre o referido cátodo e o referido ânodo para gerar um campo eléctrico com uma intensidade compreendida entre $0,5 \text{ mV/cm}$ e 1000 V/cm durante o escoamento da referida massa de água ao longo do referido circuito de passagem, pelo que as impurezas existentes na referida massa de água irão ser polarizadas e coaguladas.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que as referidas impurezas coaguladas são separadas da referida massa de água.
3. Método de acordo com a reivindicação 2, em que as referidas impurezas coaguladas são removidas por meio de um dispositivo de remoção flutuante.
4. Método de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que o valor do pH da referida massa de água é ajustado imediatamente após as referida massa de água ter saído do referido depósito de tratamento, fazendo pois com que as referidas impurezas coagulantes subam e fiquem a flutuar.
5. Método de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que as referidas placas condutoras são feitas do mesmo material ou de um material diferente.
6. Método de acordo com a reivindicação 1, em que há um número idêntico ou um número diferente de placas condutoras que não estão ligadas à fonte de alimentação e que estão montadas entre cada par das referidas placas anódicas e catódicas.
7. Método de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que a velocidade de escoamento da referida massa de água ao longo do referido circuito em ziguezague está compreendida entre 0,1 m/s e 3,89 m/s.
8. Método de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que a intensidade do referido campo eléctrico está compreendida entre 0,1 V/cm e 1000 V/cm.
9. Método de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que as polaridades dos eléctrodos são trocadas ao longo de períodos de 1 a 60 minutos, pelo que as duas superfícies das referidas placas condutoras trabalham igualmente.

10. Aparelho para tratar continuamente uma massa de água, constituído por um depósito de tratamento cuidadosamente fechado e que possui uma parte superior e uma parte inferior onde estão previstas respectivamente uma saída de água e a uma entrada de água, em cujo espaço interior são montadas três ou mais placas condutoras praticamente paralelas ao fundo do depósito e praticamente paralelas entre si, formando um circuito ascendente em ziguezague cuidadosamente fechado no referido depósito de tratamento, em que as referidas placas condutoras são feitas de um material condutor que possui uma resistividade compreendida entre $1,59 \mu\Omega.\text{cm}$ e $1300\mu\Omega.\text{cm}$ e em que cada par das referidas placas condutoras é electricamente ligado de modo a ficar respectivamente uma ligada ao pólo positivo e a outro ao pólo negativo da fonte de alimentação para servirem de ânodo e cátodo, sendo esses pares montados no referido depósito de tratamento de tal modo que os ânodos e os cátodos fiquem dispostos alternadamente, e haja pelo menos uma placa condutora que não é ligada à referida fonte de alimentação, ficando instalada entre tal ânodo e tal cátodo.
11. Aparelho de acordo com a reivindicações 10, em que as referidas placas condutoras instaladas no referido depósito de tratamento são feitas do mesmo material ou de um material diferente.
12. Aparelho de acordo com uma qualquer das reivindicações 10 ou 11, em que há um número igual ou diferente de placas condutoras que não são ligadas à fonte de alimentação e são montadas entre cada par das referidas placas anódicas e catódicas.
13. Aparelho de acordo com uma qualquer das reivindicações 10 a 12, em que há pelo menos um par de guias de deslizamento dispostas na superfície interior do referido depósito de tratamento que servem para receber e fixar, mas de modo a nelas poder deslizar, pelo menos uma das referidas placas condutoras.
14. Aparelho de acordo com uma qualquer das reivindicações 10 a 13, em que há uma bomba premente instalada na referida entrada de

f. L. A.

água do referido depósito de tratamento e há uma válvula de regulação de caudal instalada na referida saída de água.

15. Sistema para tratar continuamente uma massa de água, o qual compreende:

- um dispositivo de pré-tratamento que serve para ajustar o valor do pH e a condutividade de uma massa de água que se pretenda tratar, servindo também para lhe adicionar o catalisador, melhorando consequentemente o efeito do tratamento electroquímico;
- um dispositivo electroquímico ligado ao referido dispositivo de pré-tratamento para facilitar a coagulação de impurezas na referida massa de água e para fornecer energia a essas impurezas para as separar facilmente da referida massa de água;
- um dispositivo de pós-tratamento ligado ao referido dispositivo electroquímico para ajustar o valor do pH da referida massa de água tratada electroquimicamente e para acrescentar um coagulante e um agente estabilizador ao referido dispositivo electroquímico, sempre que necessário;
- um dispositivo de remoção flutuante ligado ao referido dispositivo de pós-tratamento para separar as impurezas da água;

sendo o referido sistema caracterizado pelo facto de o referido dispositivo electroquímico ser constituído por um depósito de tratamento cuidadosamente fechado, o qual possui uma parte superior e uma parte inferior onde há respectivamente uma saída de água e uma entrada de água, em cujo espaço interior estão montadas três ou mais placas condutoras praticamente paralelas em relação ao fundo do depósito e praticamente paralelas entre si, de modo a formarem um circuito em ziguezague ascendente cuidadosamente fechado no referido depósito de tratamento e em que as referidas placas condutoras são feitas de um material condutor que possui uma resistividade compreendida entre $1,59 \mu\Omega.\text{cm}$ e $1300 \mu\Omega.\text{cm}$ e em que cada par das referidas placas condutoras está electricamente ligado de modo a ficar respectivamente uma ligada a um pólo positivo e a outra a um pólo negativo de uma fonte de alimentação para servirem de

ânodo e cátodo, sendo esses pares montados no referido depósito de tratamento de tal forma que o ânodo e o cátodo fiquem dispostos alternadamente e haja pelo menos uma placa condutora que não é ligada à fonte de alimentação, ficando instalada entre esse ânodo e esse cátodo.

Lisboa, 19 de Julho de 2000

O AGENTE OFICIAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

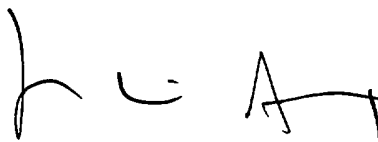
A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to read 'H. A.' or similar.

Fig. 2

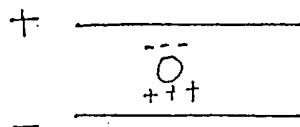


FIG. 1

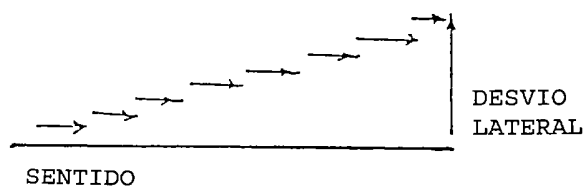


FIG. 2

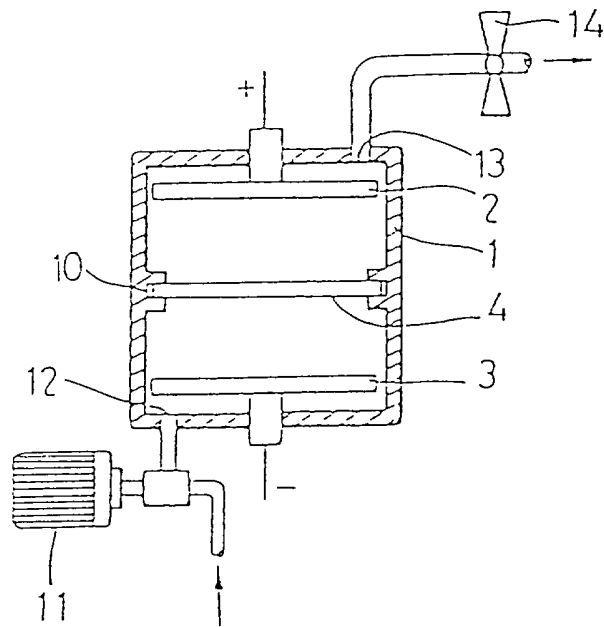


FIG. 3

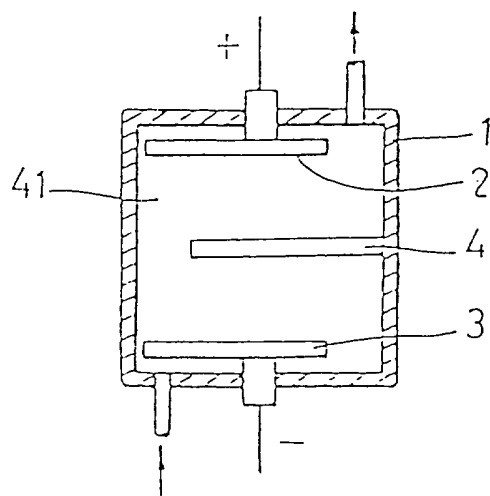


FIG. 4

f L A

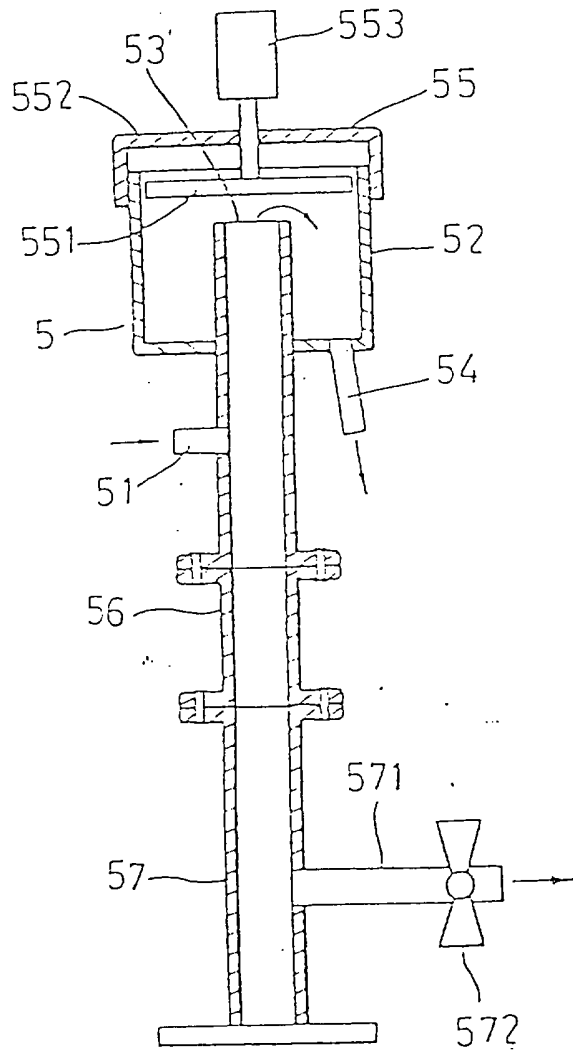


FIG. 5

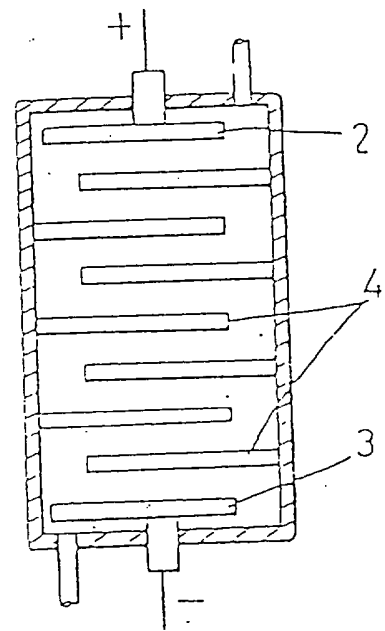


FIG. 6

f l A

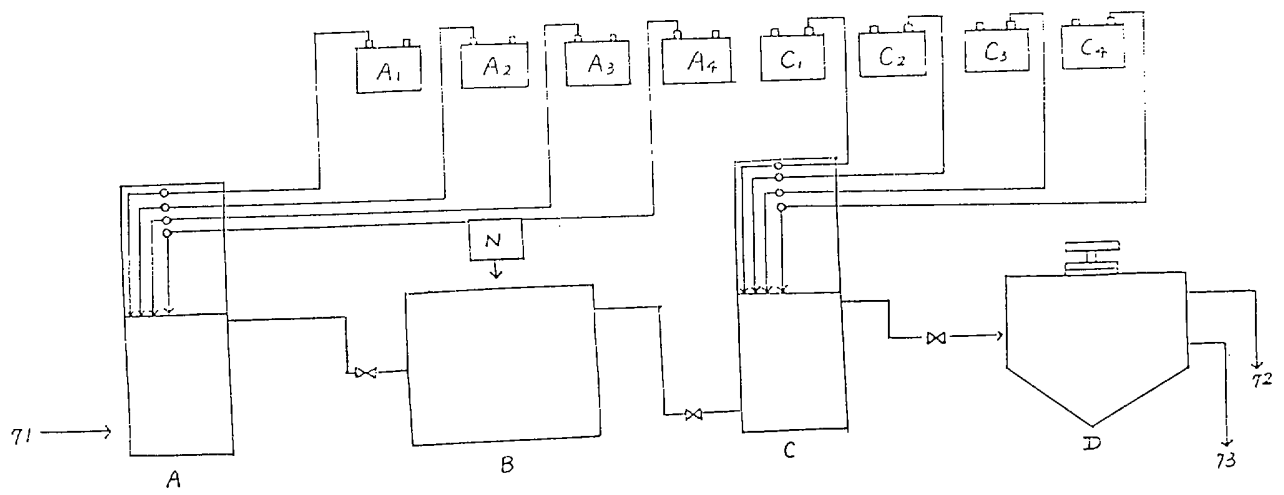


FIG. 7