

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

(21) **PI 0713084-8 A2**

(22) Data de Depósito: 18/06/2007  
(43) Data da Publicação: 09/10/2012  
(RPI 2179)



(51) *Int.Cl.:*  
C02F 1/60  
C02F 1/46  
C02F 5/00

(54) **Título:** MÉTODO E SISTEMA INTEGRAL PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA AS TORRES DE RESFRIAMENTO E PROCESSOS QUE REQUEREM A ELIMINAÇÃO DA SÍLICA DA ÁGUA

(30) **Prioridade Unionista:** 21/06/2006 MX PA/A/2006/007148

(73) **Titular(es):** Juan Jorge Diaz Gonzalez Alcocer

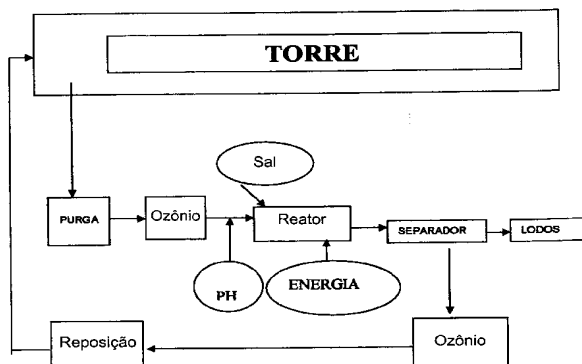
(72) **Inventor(es):** Juan Jorge Diaz Gonzalez Alcocer

(74) **Procurador(es):** Dannemann , Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT MX2007000073 de 18/06/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/148954de 27/12/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO E SISTEMA INTEGRAL PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA AS TORRES DE RESFRIAMENTO E PROCESSOS QUE REQUEREM A ELIMINAÇÃO DA SÍLICA DA ÁGUA. A presente invenção se refere a um sistema de tratamento de água para as torres de resfriamento e outros processos, tais como o rechaço de osmose inversa, regenerações de sistemas de desmineralização na unidade aniônica, águas azuladas das aeronaves e águas residuais, no qual é exigida a redução e/ou a eliminação de contaminantes, tais como a sílica, a dureza total do cálcio e do magnésio, os sólidos suspensos, a matéria orgânica e os microorganismos, os metais pesados, os detergentes, o arsênio, sendo obtida uma qualidade da água que permite que a mesma seja reutilizada novamente em diferentes processos industriais, gerando economias de água e produtos químicos. O sistema é caracterizado pela passagem da água a ser tratada através de uma célula eletroquímica com placas de alumínio, ferro ou algum outro metal, que, com a aplicação de um corrente elétrica em uma amperagem que permite uma ótima densidade de corrente para ceder o alumínio que é exigido para formar o hidróxido de alumínio, ferro ou algum outro metal que, com a reação com os contaminantes presentes na água a ser tratada, forma um lodo que é posteriormente separado da água permitindo a reutilização da mesma por este sistema que, com a integração dos processos de filtração e ozonização, é conseguida uma melhor qualidade de água, para que a mesma possa ser reutilizada em torres de resfriamento, processos industriais, serviços gerais, irrigação de áreas verdes ou em qualquer outro uso. A inovação tecnológica na presente invenção é a de eliminar 100% da sílica presente em águas industriais, permitindo que esta água seja reutilizada em diferentes processos devido à qualidade que é conseguida, além de reduzir a concentração dos sais de dureza de cálcio e magnésio, evitando a formação de incrustações e, em sistemas de torres de resfriamento, permitindo aumentar os ciclos de concentração, gerando assim economias de água e produtos químicos, e de reduzir a proliferação microbiológica, o que permitirá à indústria em geral substituir os programas de tratamento de águas industriais convencionais por esta nova alternativa tecnológica. As vantagens e benefícios da presente invenção são os de permitir reutilizar e reciclar 100% da água que é tirada das torres de resfriamento, rechaços de osmose inversa, regenerações das unidades aniônicas de sistemas de desmineralização e águas residuais das indústrias, gerando economias com a reutilização da água que é efetivamente tirada, reduzindo a quantidade dos produtos químicos que são necessários e indispensáveis nas torres de resfriamento e em águas residuais, reduzindo o impacto ambiental que é causado quando se deseja água com um teor de contaminantes e produtos químicos que impossibilita sua reutilização, além de permitir eliminar contaminantes presentes na água provenientes de poços que contêm contaminantes, tais como arsênio, cianureto, ferro, manganês e microorganismos, para o uso da água potável.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO E SISTEMA INTEGRAL PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA AS TORRES DE RESFRIAMENTO E PROCESSOS QUE REQUEREM A ELIMINAÇÃO DA SÍLICA DA ÁGUA**".

5 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um sistema integral de tratamento de águas para eliminar os contaminantes comumente presentes nas torres de resfriamento e em outros processos, tais como o rechaço de osmose inversa, regenerações de sistemas de desmineralização na unidade aniônica, águas azuladas das aeronaves e águas residuais, os contaminantes principais que são eliminados com este sistema sendo os sais de sílica, dureza total, sólidos suspensos, colorantes, detergentes, arsênico e microorganismos, permitindo aumentar os ciclos de concentração devido à eliminação das purgas, gerando economias de água e de produtos químicos, controlando e evitando os problemas de corrosão, de incrustação e de contaminação microbiológica, e permitindo, dessa forma, a reutilização da água.

A presente invenção refere-se a um sistema integral de tratamento da água para as torres de resfriamento que é instalado como sistema lateral à torre de resfriamento e como sistema de tratamento de águas residuais que consiste em um ejetor Venturi, de um concentrador de oxigênio, de um equipamento gerador de ozônio, de um sensor de pH, de um sensor de condutividade, de um sistema dosador, de uma célula eletroquímica com células de alumínio com divisórias para produzir a turbulência da água, um retificador de corrente, de um sistema separador de sólidos da água, de um sistema de injeção de gás-água (ejetor Venturi), de um concentrador de oxigênio, de um gerador de ozônio, e de um tanque de contato de água-ozônio.

As torres de resfriamento são sistemas que utilizam água para resfriar os equipamentos e sistemas em toda a indústria em geral, e, neste processo, com o incremento da temperatura da água, são alteradas suas características e são gerados problemas de corrosão, de incrustação, e de crescimento microbiológico, estes problemas sendo controlados e evitados com o acréscimo de produtos químicos, e para conseguir manter o equilíbrio

dos sais em relação da concentração em função da solubilidade de cada sal na água, que são incrementados devido à evaporação que é produzida nas torres de esfriamento, para se conseguir manter a concentração dos sais, é necessário drenar a água constantemente, e com a eliminação da água com produtos químicos, com este novo sistema, com a eliminação dos contami-  
5 nando da água das torres de esfriamento, se consegue aumentar os ciclos de concentração, reduzindo a quantidade de água que é desperdiçada pela purgas nestes sistemas, gerando economias consideráveis de água e produtos químicos, o que tem um impacto positivo no meio ambiente, e o acréscimo de brometo de sódio à água de recirculação, tal como biocida, tendo a  
10 vantagem de a mesma ser oxidada com o ozônio, conseguindo ativar o bromo para fortalecer o controle microbiológico do sistema.

O documento MXPA00009962 (18.04.2002) descreve um procedimento de tratamento de águas para torres de resfriamento com alto teor de sílica, embora seja totalmente diferente do procedimento da presente inven-  
15 ção, visto que neste é exigida uma mistura de produtos químicos, tais como inibidores de corrosão, inibidores de incrustação e dispersantes à base de polímeros de baixo peso molecular, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento US0005271862 (21.12.1993) descreve um procedimento que inibe os depósitos da sílica e silicatos em sistemas para torres de resfriamento, embora seja totalmente diferente do procedimento da presente invenção, visto que neste é exigida a aplicação de produtos químicos (ácido hidroxifosfonoacético) e de um polímero, não sendo, portanto, compa-  
20 rado absolutamente com este sistema.

O documento CA2063294 (18.03.1992) descreve um procedimento que inibe os depósitos da sílica e silicatos nos sistemas para torres de resfriamento, embora seja totalmente diferente do procedimento da presente invenção, visto que neste é exigida a aplicação de produto químico (ácido  
30 hidroxifosfonoacético) e de um polímero, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento JP20000301195 (31.10.2000) descreve um proce-

dimento de prevenção de incrustações de sílica para sistemas de torres de resfriamento, embora seja totalmente diferente do procedimento da presente invenção, visto que neste é exigida a passagem da água através de um sistema desenvolvido com rochas vulcânicas e outros sistemas, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento JP2002018437 (22.01.2002) descreve um método de tratamento para águas que contém dureza de cálcio e sílica para reutilizar a água das purgas das torres de resfriamento, embora seja totalmente diferente do método de tratamento da presente invenção, visto que neste método de tratamento é exigida a utilização de produtos químicos para baixar o pH de 3-6 para submeter a água a uma descarbonatação e a posterior passagem por um sistema desionizador por meio de uma membrana e osmose inversa, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento WO2006033450 (30.03.2006) descreve um procedimento que previne a contaminação e inibe os depósitos da sílica em sistemas para torres de resfriamento, embora seja totalmente diferente do procedimento da presente invenção, já que neste é exigida a aplicação de produtos químicos e de um copolímero (metano, ácido acrílico) e de um manômetro do grupo sulfúrico e carboxílico, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento US5236673 (17.08.1993) descreve um procedimento que utiliza ozônio em sistemas para torres de resfriamentos, embora seja totalmente diferente do procedimento da presente invenção, visto que neste é utilizado ozônio sozinho, tal como um biocida, para eliminar microorganismos e não tem nada que o relacione com a eliminação da sílica, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento US2006060816 (23.03.2006) descreve um método para controlar a incrustação da sílica em sistemas aquosos e em sistemas para torres de resfriamento, embora seja totalmente diferente do método da presente invenção, visto que neste é exigida a aplicação de produtos químicos (polímero de poliéter hidrofobicamente modificado), não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento US6416672 (09.07.2002) descreve um método para remover a sílica dissolvida e coloidal e controlar as incrustações causadas pelos depósitos da sílica nos sistemas para torres de resfriamento, embora seja totalmente diferente do método da presente invenção, visto que  
5 nesta invenção são exigidos diferentes sistemas de filtração, de separação por gravidade, de microfiltração, de filtração a vácuo e outras tecnologias de separação, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento JP2002263635 (17.09.2002) descreve um método  
10 para tratar águas residuais que contêm sólidos suspensos e sílica, embora seja totalmente diferente do método da presente invenção, visto que neste é exigida a utilização de produtos químicos para elevar o pH de 8-10 para caldeiras, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

O documento JP2001170656 (26.06.2001) descreve um processo  
15 para tratar águas residuais que contêm sólidos e sílica, para a indústria microeletrônica, embora seja totalmente diferente do processo da presente invenção, visto que neste é exigida a utilização de produtos químicos com cal e floculantes e um sistema de ultrafiltração, não sendo, portanto, comparado absolutamente com este sistema.

Os documentos US6461518 (08.10.2002) e WO0051945 (08.09.2002)  
20 descrevem métodos para inibir a formação e a deposição de incrustações da sílica na água, embora sejam totalmente diferentes do método da presente invenção, já que nestes é exigida a utilização de produtos químicos, tais como poliaminas, éter aminas, não sendo, portanto, comparado absolutamente  
25 com este sistema.

O documento JP2001096282 (10.04.2001) descreve um método  
pra remover a sílica da água em processos geotérmicos, embora seja totalmente diferente do método da presente invenção, visto que neste é exigida a  
utilização de produtos químicos, tal como o nitrato de alumínio, não sendo,  
30 portanto, comparado absolutamente com este procedimento.

#### DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere à técnica de remoção de espécies

que são encontradas na água, tais como contaminantes solúveis e insolúveis, que podem ocasionar problemas na utilização da água industrial, principalmente nas torres de resfriamento, já que neste processo são gerados problemas de corrosão, de incrustação e de crescimento microbiológico.

5 Com a eliminação destes contaminantes da água das torres de resfriamento é conseguido o aumento dos ciclos de concentração, reduzindo a quantidade de água que é desperdiçada pelas purgas nesses sistemas, permitindo reciclar a água que é repostada com uma melhor qualidade, já que é conseguida a redução dos contaminantes que ocasionam os problemas  
10 nesses sistemas, e gerando economias de água e de produtos químicos, tendo um impacto positivo no meio ambiente.

A presente invenção se refere a um método e a um sistema integral de tratamento da água para as torres de resfriamento e outros processos, tais como o rechaço de osmose inversa, regenerações de sistemas de  
15 desmineralização na unidade aniônica, águas azuladas das aeronaves e águas residuais, os contaminantes principais que são eliminados com este sistema são os sais de sílica, dureza total do cálcio e do magnésio, sólidos suspensos, matéria orgânica, micro-organismos, metais pesados, colorantes, detergentes e arsênico, sendo obtida uma qualidade da água que permi-  
20 te que a mesma seja novamente reutilizada em diferentes processos industriais, semi-industriais ou domésticos, gerando assim economias de água e de produtos químicos, e consistindo em:

a) Um sistema Venturi que é basicamente um ejetor que favorece a mistura de água-gás (ozônio), e que permite uma mistura da água  
25 otimizada a ser tratada com o gás ozônio.

b) Um sistema concentrador de oxigênio que separa o nitrogênio do oxigênio que está presente no ar atmosférico, por meio de um processo físico de filtração a uma pressão determinada, no qual é conseguida a  
30 concentração do oxigênio que é exigido como matéria-prima para gerar ozônio.

c) Um equipamento gerador de ozônio que, com a passagem do oxigênio concentrado no equipamento anterior, passa através de um rea-

tor de alta tensão, sendo gerado o ozônio que é exigido para se conseguir a oxidação dos contaminantes presentes na água a ser tratada, a aplicação do gás ozônio tendo vários objetivos, o primeiro sendo a oxidação dos contaminantes formando uma alteração na estrutura morfológica dos cristais dos sais de sílica, favorecendo a formação de lodos e finalmente otimizando a  
5        eliminação da sílica da água da torre de resfriamento, assim como uma reação devido à oxidação dos contaminantes que favorece a formação de sólidos que permitem a separação da água, sendo obtido um aperfeiçoamento do processo, e o segundo objetivo sendo a aplicação de ozônio na água da  
10        torre de resfriamento depois da célula eletroquímica que aumenta a eficiência do programa de tratamento químico da água reduzindo e controlando a velocidade de corrosão, a formação de incrustações de sais de dureza e sílica, mantendo controlada a proliferação microbiológica e reduzindo a adição de produtos químicos dos programas de tratamento da água de torres de  
15        resfriamento.

d)        Um sistema controlador de pH que contém um sensor que mede o pH e que envia um sinal a um computador pessoal que por sua vez envia um sinal a um sistema que acondiciona o pH para mantê-lo dentro de um valor de 6,5 a 9,0, por meio da adição de ácido sulfúrico, clorídico, nítrico  
20        ou qualquer ácido orgânico para baixar o pH, ou por meio da adição de um alcalino, tal como hidróxido de sódio, carbonato de sódio ou qualquer produto químico que eleve o pH da água.

e)        Um sistema controlador de condutividade que contém um sensor que mede a condutividade da água e que envia um sinal a um com-  
25        putador pessoal que por sua vez envia um sinal a um sistema que acondiciona o valor da condutividade da água para mantê-la dentro de um valor de 100 a 20.000 micro-ohms, por meio da adição de cloreto de sódio ou de qualquer produto químico que eleve a condutividade da água.

f)        Uma célula eletroquímica com células de alumínio (ferro ou  
30        zinco), na qual é formado o hidróxido de alumínio (ou blocos de alumínio compactado e prensado), que pode também ser de ferro ou de zinco, que reage com os contaminantes presentes na água formando um lodo (eletro-

floculação) que é facilmente separado da água com a aplicação da corrente elétrica (em uma determinada amperagem que é relacionada a uma densidade de corrente de 0,001 a 3 ampères por centímetro quadrado das placas de alumínio), sendo obtida uma determinada tensão que depende da condutividade elétrica da água (eletrólito), esta condutividade elétrica se dá em função da concentração dos sólidos dissolvidos presentes na água a ser tratada, esta condutividade podendo ser aumentada mediante a aplicação de cloreto de sódio para diminuir a tensão, reduzindo a potência necessária e diminuindo consideravelmente o consumo da energia elétrica exigida otimizando o processo.

g) Um sistema separador de sólidos ou um sistema de filtração que pode se dar por diferentes processos, seja por um sistema de filtração de cascalho, areia, antracito, carvão ativado, filtração a vácuo, separação de sólidos em líquidos por centrifugação, filtros rotativos a vácuo, ou qualquer outro processo de separação de sólido - líquido, que permita uma separação dos sólidos formados no reator eletroquímico da água.

Com isso, é obtida uma qualidade da água que permite que a mesma seja reutilizada como reposição para as torres de resfriamento com uma concentração de 0 a 40 partes por milhão de sílica e, com a diminuição da concentração dos sais de dureza total, sólidos suspensos e microorganismos, permite aumentar os ciclos de concentração, eliminando as perdas de água por purgas com o objetivo de reutilizar a água nas torres de resfriamento, controlando ao mesmo tempo a velocidade de corrosão, a formação de incrustações de sais de dureza e sílica, evitando e mantendo controlada a proliferação microbológica, e reduzindo a adição de produtos químicos.

No sistema, a água pode ser filtrada para reduzir o teor de sólidos suspensos e da sílica insolúvel, podendo, contudo, passar também diretamente para a célula eletrolítica sem filtração prévia e diretamente sem ozonização para o reator eletroquímico, já que pode ser ozonizada antes de passar pela célula eletrolítica para oxidar contaminantes e melhorar a separação de sólidos e sílica, a aplicação de ozônio à água da torre de resfria-



mento depois da célula eletroquímica aumenta a eficiência do programa de tratamento químico da água, reduzindo e controlando a velocidade de corrosão, a formação de incrustações de sais de dureza e sílica, mantendo controlada a proliferação microbiológica e reduzindo a adição de produtos químicos dos programas de tratamento da água das torres de resfriamento, e, com a integração do processo de ozonização com um processo eletroquímico, melhora a eficiência de remoção de outros contaminantes permitindo obter uma qualidade da água residual que cumpra com as normas para que possa ser reutilizada em diferentes processos industriais. O reator eletroquímico ozonizado para formar hidróxido de alumínio e reter nos contaminantes presentes na água é aperfeiçoado com o controle de um fluxo adequado da água e com a implementação de divisórias, tais como misturadores estáticos, ou qualquer outro sistema de agitação consegue favorecer a integração do hidróxido de alumínio formado neste sistema com os contaminantes presentes na água a ser tratada, para posteriormente separar os traços dos lodos que não puderam ser separados da água por meio de um sistema de filtração.

O método deste sistema integral de tratamento de águas para torres de resfriamento e outros processos consiste:

a) Na introdução da água da purga da torre de resfriamento ou da água residual a ser tratada através de um sistema ejetor Venturi para adicionar ozônio.

b) Na passagem da água ozonizada posteriormente por um sensor de pH para ser acondicionada mediante a adição de ácido sulfúrico, clorídrico, nítrico ou qualquer ácido orgânico para baixar o pH, ou por meio da adição de um alcalino, tal como hidróxido de sódio, carbonato de sódio ou qualquer produto químico que eleve o pH da água, para manter a água em um pH de 6,5 a 9,0, e por um sensor de condutividade para ser acondicionada mediante a adição de cloreto de sódio para manter a condutividade entre 100 e 20.000 micro-ohms.

c) Na passagem da água acondicionada para o reator eletrolítico ozonizado que, com a aplicação de energia elétrica a um retificador de

corrente, transforma a corrente elétrica alternada em corrente elétrica contínua, e, com a aplicação de uma determinada densidade de corrente de 0,001 a 3,0 ampères por centímetro quadrado, é conseguida a dissolução do metal nos ânodos nas placas de alumínio (ou bloco de alumínio prensado) que podem ser de ferro ou zinco, no qual é formado o hidróxido de alumínio (ferro ou zinco) que reage com os contaminantes presentes na água, formando compostos sólidos que são separados da água na forma de lodos.

d) Na separação destes lodos da água por meio de um filtro ou sistema separador de sólidos.

e) Na passagem da água clarificada e filtrada por um tanque de contato no qual é novamente adicionado ozônio com o objetivo de manter um residual de ozônio de 0,01 a 1,0 miligramas por litro de água tratada, melhorando a qualidade da água para que possa ser reutilizada como reposição das torres de resfriamento e que permite aumentar os ciclos de concentração eliminando as perdas de água por purgas, com o objetivo de controlar ao mesmo tempo a velocidade de corrosão, a formação de incrustações de sais de dureza e sílica, mantendo controlada a proliferação microbiológica e reduzindo a adição de produtos químicos, que são a base real dos programas de tratamento da água das torres de resfriamento.

f) Na adição de brometo de sódio na água de recirculação, tal como biocida, que tem a vantagem de ser oxidada com o ozônio, se conseguindo ativar o bromo para fortalecer o controle microbiológico do sistema.

A inovação tecnológica neste sistema é a de eliminar 100% da sílica e a de reduzir a concentração dos sais de dureza de cálcio e magnésio, sais que provocam a formação de incrustações. Também é a de eliminar os sólidos suspensos na água tratada que formam um lodo por meio de um sistema separador de sólidos ou de filtração, com o que é conseguida uma qualidade da água que permite que a mesma seja reutilizada como reposição para as torres de resfriamento com uma concentração de 0 a 40 pares por milhão de sílica e diminuindo a concentração dos sais de dureza total, sólidos suspensos e micro-organismo, permitindo aumentar os ciclos de concentração, eliminando as perdas de água por purgas com o objetivo de reuti-

lizar a água nas torres de resfriamento, controlando ao mesmo tempo a velocidade de corrosão, a formação de incrustações de sais de dureza e sílica, evitando e mantendo controlada a proliferação microbiológica, e reduzindo a adição de produtos químicos. O sistema consegue eliminar até 100% da sílica presente na água das torres de resfriamento e de outros processos, e, com a integração de diferentes sistemas, é conseguido o aumento da eficiência de remoção da sílica, já que a filtração elimina apenas 20%, que são a sílica insolúvel, a ozonização oxida a sílica solúvel e, com uma filtração, permite eliminar 30%, um processo eletroquímico sem filtração elimina 30%, e ao ser integrado um processo eletroquímico com a aplicação de ozônio e um sistema de filtração se consegue eliminar 100% da sílica solúvel e insolúvel presentes na água, e, mediante o acondicionamento da água com a adição de cloreto de sódio, é conseguida a elevação da condutividade e diminuição da tensão com a redução do consumo de energia elétrica no processo.

A operação chave do sistema é levada a cabo em um reator eletrolítico ozonizado (célula eletroquímica com placas de alumínio), no qual é executado um processo eletroquímico no qual, com a aplicação de energia elétrica em um retificador de corrente, a corrente elétrica alternada é transformada em corrente elétrica contínua, e, com a aplicação de uma determinada densidade de corrente de 0,001 a 3,0 ampères por centímetro quadrado, é obtida a dissolução do metal nos ânodos nas placas de alumínio (ou blocos de alumínio prensado) que podem ser de ferro ou zinco, as quais são mantidas submersas em um tanque com água da torre de resfriamento ou água residual a ser tratada, sendo obtida uma tensão determinada que depende da condutividade elétrica da água (eletrólito), esta condutividade elétrica se dando em função da concentração dos sólidos dissolvidos presentes na água a ser tratada, esta condutividade sendo elevada e acondicionada em faixas de 100 a 20.000 micro-ohms mediante a aplicação de cloreto de sódio para diminuir a tensão para reduzir o consumo de energia elétrica e otimizar o processo.

Durante a aplicação da corrente elétrica, é produzido hidrogênio

nos cátodos formando borbulhas que permitem a flutuação dos lodos formados com o hidróxido de alumínio (eletrofloculação), e, com o fluxo ascendente da água através da célula, permite a elevação dos lodos que posteriormente passam por um sistema separador de sólidos da água e finalmente  
5 passam por um sistema que permite misturar a água livre de sólidos com uma quantidade de ozônio que permite manter um residual de 0,01 - 1 parte por milhão (miligramas por litro) na água tratada que permite obter as vantagens e benefícios proporcionadas pelo ozônio nos sistemas das torres de resfriamento ou em águas residuais tratadas, cumprindo a qualidade exigida  
10 para sejam reutilizadas novamente, e, com a adição de brometo de sódio na água de recirculação, tal como biocida, tem a vantagem de a mesma ser oxidada com o ozônio, sendo conseguida a ativação do bromo para fortalecer o controle microbiológico do sistema.

Este método é caracterizado pelo fato de passar a água a ser  
15 tratada através de uma célula eletroquímica com placas de alumínio que, com a indução de uma ótima amperagem de acordo com a qualidade da água a ser tratada, é produzido hidróxido de alumínio (ou do metal) o qual funciona como um coagulante que retém as partículas oxidadas e não-oxidadas presentes na água formando compostos ou flóculos que separam  
20 os contaminantes da água na forma de lodos, os quais são separados permitindo reutilizar a água tratada, e filtrar, ozonizar e acondicionar com a adição de cloreto de sódio para obter uma melhor qualidade da água em um baixo custo, favorecendo sua reutilização na indústria em geral.

O processo eletrolítico de eletrocoagulação, eletrofloculação, por  
25 meio da produção do hidróxido de alumínio ou do metal, forma compostos insolúveis que são separados da água, favorecendo a flutuação através do reator eletrolítico pela formação das borbulhas de hidrogênio que são produzidas nos cátodos com as microborbulhas do gás ozônio e mantendo um fluxo ascendente da água, evitando a sedimentação destes lodos, que são  
30 posteriormente separados da água por um sistema de filtração.

A presente invenção desenvolve um novo processo que é obtido com a integração de tecnologias básicas, que, com sua união, é obtida uma

inovação tecnológica que elimina 100% da sílica e reduz a concentração dos sais de dureza de cálcio e magnésio.

A integração de tecnologias básicas concentra o oxigênio contido no ar do meio ambiente devido à separação do nitrogênio que é obtido mediante o processo de separação de gases, este oxigênio concentrado é passado por um processo de alta tensão obtendo uma produção de ozônio otimizada em uma concentração elevada que permite realizar a oxidação dos contaminantes presentes na água a ser tratada para posteriormente, com a integração de uma célula eletroquímica com placas de alumínio, produzir hidróxido de alumínio que, ao reagir com os contaminantes presentes na água, forma um lodo insolúvel, para posteriormente separá-los da água por meio de um sistema de filtração, vácuo ou centrifugação, obtendo uma água com uma qualidade que permite que a mesma seja reutilizada para diferentes processos industriais e/ou de irrigação de áreas verdes. O acondicionamento da água mediante a adição de cloreto de sódio eleva a condutividade e diminui a tensão, reduzindo, dessa forma, o consumo de energia elétrica no processo.

Com o tratamento da água residual e/ou industrial, é obtida água com uma qualidade para ser usada novamente, cumprindo as normas ecológicas estabelecidas para cada caso, em particular, a diferença na qualidade da água a ser obtida será conseguida com a integração otimizada destas tecnologias, com o desenvolvimento do sistema para cada aplicação, em particular, sendo necessário estabelecer condições específicas em cada caso.

Por isso, é pretendido o registro do método deste sistema, isto é, o uso de um sistema eletroquímico de eletrocoagulação/eletrofloculação/eletroflutuação com células de alumínio/ferro/zinco/magnésio e outros metais que elimine a sílica da água, o uso de uma célula eletrolítica com ozônio, seja antes, seja depois (pré-ozonização de pós-ozonização)(ozônio/eletroquímica/filtração/ozônio) para o tratamento de água, a eliminação de contaminantes na água por meio de ozônio e eletroquímica, para reduzir os sais da sílica, dureza total, tal como do cálcio e magnésio, cloretos, metais, gor-

duras e azeites, colorantes, matéria orgânica, demanda química de oxigênio, demanda biológica de oxigênio, micro-organismos em geral, cianureto, arsênico, fluoretos em qualquer tipo e qualidade de água, a adição de um sal de bromo, tal como brometo de sódio, para favorecer o controle microbiológico mediante a oxidação do sal com o ozônio no tratamento da água para as torres de resfriamento, o método eletroquímico para a eliminação da sílica em qualquer tipo, tratamento e/ou acondicionamento de águas, seja de processo industrial, residual ou qualquer semelhança à eliminação, e a redução da sílica na água, o uso de qualquer sistema eletroquímico para a eliminação e/ou a redução da sílica, dureza total e de qualquer sistema, processo e/ou tratamento de águas para as torres de resfriamento, rechaço de osmose inversa, regeneração de sistemas e/ou plantas de desmineralização de resinas de intercâmbio iônico aniônico, águas residuais ou qualquer outro processo que se refira à eliminação da sílica ou dureza total da água.

15 A adição de um sal de bromo na água tratada com o ozônio favorece a oxidação dos contaminantes melhorando o controle da proliferação microbiológica do sistema da água das torres de resfriamento, a aplicação de bromo permite a obtenção de uma regeneração por meio do ozônio, já que o bromo livre reage com os contaminantes ou com os micro-organismos, este se decompõe e com a ação do ozônio é executada a reação química formando brometos e bromatos que permitem reativar a ação do bromo na água.

20 As vantagens e os benefícios da presente invenção são os de permitir reutilizar e reciclar 100% da água que é tirada das torres de resfriamento, rechaços de osmose inversa, regenerações das unidades aniônicas de sistemas de desmineralização e águas residuais das indústrias, gerando economias ao se reutilizar a água que efetivamente tem que ser tirada, reduzindo a quantidade dos produtos químicos que são necessários e indispensáveis nas torres de resfriamento e águas residuais, reduzindo o impacto ambiental que é ocasionado ao se desejar água com um teor de contaminantes e produtos químicos que impossibilita seu descarte, além de permitir eliminar contaminantes presentes na água que provém de poços que contêm

contaminantes, tais como arsênio, cianureto, ferro, manganês e micro-organismos, para o uso da água potável.

### CAMPO DA INVENÇÃO

5 A invenção se baseia em um sistema de tratamento de águas no qual são integradas várias tecnologias e processos que, com a união e a aplicação adequada dos mesmos, pode ser eliminada a sílica e reduzir a concentração dos sais de dureza da água das torres de resfriamento e reduzir o consumo de produtos químicos para evitar os problemas de corrosão, de incrustação e de proliferação microbiologia nestes sistemas.

10 A presente invenção se refere à integração de tecnologias que são a concentração do oxigênio com a sua separação do nitrogênio presente no ar do meio ambiente, a produção de ozônio mediante a aplicação de alta tensão na passagem do oxigênio, a integração de um processo eletroquímico controlado para formar hidróxido de alumínio para ser retido nos contami-  
15 nantes presentes na água e controlando as variáveis do fluxo da água, e a implementação de divisórias como misturadores estáticos para favorecer a integração do hidróxido de alumínio formado neste sistema com os contaminantes presentes na água a ser tratada, para posteriormente separar os traços dos lodos que não podem ser separados da água por meio de um siste-  
20 ma de filtração, vácuo ou centrifugação, para que posteriormente a água livre destes contaminantes passe através de um sistema Venturi que permite a adição de ozônio otimizada à água industrial com o objetivo de evitar os problemas de corrosão, de incrustação e de proliferação microbológica no sistema das torres de resfriamento e, com a adição de brometo de sódio na  
25 água de recirculação, tal como biocida, tem a vantagem de ser oxidada com o ozônio, se conseguindo assim ativar o bromo para fortalecer o controle microbiológico do sistema.

### ETAPAS DO PROCESSO:

30 **1. OZONIZAÇÃO:** a aplicação de gás ozônio, por meio de um tubo Venturi ou ejetor calculado para obter a máxima eficiência e conseguir a oxidação dos diferentes contaminantes que estão presentes na água a ser tratada.

**2. CLARIFICAÇÃO ELETROQUÍMICA:** é executado um processo eletrolítico (eletrocoagulação-floculação), é realizada a reação eletroquímica na célula com placas de alumínio ou ferro com os contaminantes presentes na água, tais como sais de sílica, dureza, sólidos suspensos, matéria orgânica, colorantes e micro-organismos, detergentes, matéria orgânica, arsênico, ou qualquer outro contaminante produzindo um composto insolúvel que é precipitado como um lodo e que pode ser separado da água.

**3. FILTRAÇÃO:** o processo de filtração é levado a cabo com um meio filtrante ou sistema de separação de sólido-líquido, o qual retém os traços dos sólidos ou lodos que não puderam ser separados no processo anterior, permitindo obter uma melhor qualidade da água tratada.

**DESCRIÇÃO DO SISTEMA: (vide figura 1)**

1. A água da purga das torres de resfriamento passa através de um sistema ejetor de líquido-gás (Venturi) e é injetado gás ozônio concentrado, gerado de um concentrador de oxigênio que separa o nitrogênio do oxigênio do ar atmosférico, por meio de um sistema PSA ou membrana, este oxigênio concentrado (70-95%) é passado através de um reator de alta tensão controlado por um sistema eletrônico que controla a frequência/ressonância/tensão/temperatura.

2. A água ozonizada passa através de um sistema controlador de pH que controla o valor otimizado do pH, o qual recebe um sinal do sensor e envia um sinal a um sistema que condiciona o pH para mantê-lo dentro de um valor de 6,5 a 9,0, por meio da adição de ácido sulfúrico, clorídico, nítrico ou qualquer ácido orgânico para baixar o pH, ou por meio da adição de um alcalino, tal como hidróxido de sódio, carbonato de sódio ou qualquer produto químico que eleve o pH da água.

3. A água com um pH adequado antes de entrar no reator eletroquímico passa por um sistema automático que monitora e controla por meio de um sensor a condutividade da água, e envia um sinal a um computador pessoal que envia um sinal a um sistema que acondiciona o valor da condutividade para mantê-la dentro de um valor de 100 a 20.000 micro-ohms, mediante a dosificação de cloreto de sódio ou de qualquer produto



químico para elevar a condutividade, mantendo este parâmetro dentro das faixas previamente estabelecidas para diminuir a tensão e reduzir o consumo de energia elétrica.

5 4. A água oxidada com o gás ozônio e acondicionada com ótimos valores de pH e condutividade é introduzida em uma célula eletroquímica (reator eletroquímico de eletrocoagulação/eletrofloculação e eletroflutuação) com células de alumínio no cátodo e no ânodo que trocam a polaridade periodicamente toda hora por meio de um "timer" previamente programado com o objetivo de limpar e desgastar todas as placas simultaneamente.

10 5. O sistema conta com um eletrodo seletivo para sílica que envia um sinal da concentração para o computador pessoal e um controle para o retificador de corrente para que seja automaticamente mantida uma amperagem que controla uma ótima densidade de corrente otimizada, já que o fluxo de água e o volume do reator se mantêm constantes, isto permitindo  
15 aperfeiçoar a quantidade de alumínio cedida à água para eliminar os contaminantes presentes na água, tal como a sílica, já que nas torres de resfriamento é a variável a ser controlada.

20 6. O lodo formado por hidróxido de alumínio que é gerado no reator eletroquímico com a reação com os contaminantes presentes na água, tais como a sílica, a dureza total de cálcio e magnésio, os sólidos suspensos e os micro-organismos que são encontrados na água a ser tratada, é separado da água por meio de um sistema de filtração (de cascalho, de areia, de prensagem, rotatório, rotatório a vácuo, centrífugo, ou qualquer outro sistema de separação de sólido-líquido), de acordo com o melhor de cada  
25 sistema.

7. A água tratada e clarificada pelo reator eletroquímico passa através de um filtro de cascalho, de areia, ou de carbono ativado, no qual são eliminados os traços dos sólidos suspensos e flóculos que não serão totalmente separados da água.

30 8. A água clarificada e filtrada passa para um tanque de contato pressurizado, no qual é misturada com ozônio por meio de um sistema de bombeamento e um tubo Venturi para acondicionar a água e manter um re-

residual de ozônio de 0,001 a 1,0 miligramas por litro de água tratada e reutiliza-la novamente como água de reposição nas torres de resfriamento.

9. Na bacia da torre é adicionado cloreto de bromo, tal como biocida, que tem a particularidade de, com a reação com os micro-organismos presentes na água, ser decomposto, mas, com o contato com o ozônio, terá um efeito bactericida cíclico, mantendo um efeito residual constante na água da torre de resfriamento.

10. No trajeto do fluxo da torre de resfriamento para a instalação industrial e através dos diferentes processos, é monitorado o residual de bromo e ozônio, com o objetivo de instalar geradores de ozônio nos pontos necessários para se obter resultados que garantam um adequado programa de tratamento de águas das torres de resfriamento.

#### RESULTADOS EXPERIMENTAIS:

15 No processo de eletrocoagulação-floculação (ECF) para o tratamento de água de purga de torres de resfriamento com eletrodos de alumínio que são dissolvidos por eletrólise, são formadas espécies coagulantes (hidróxidos de alumínio), as quais são desestabilizadas e agrupam partículas ou precipitados suspensos e absorvem contaminantes dissolvidos. Conforme mostrado na figura 6, a dissolução anódica do alumínio é acompanhada pela  
20 formação de gás hidrogênio no cátodo, cujas borbulhas de gás capturam e conduzem a flutuação das partículas suspensas formadas, removendo assim os contaminantes.

Vide figura N° 6.

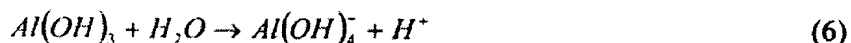
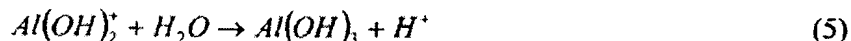
25 Em uma célula de ECF de eletrodos de alumínio, a reação no ânodo é



e no cátodo,



O cátion  $Al^{3+}$  pode ser hidratado para formar várias espécies iônicas,



O avanço da hidratação depende da concentração total do metal ( $Al^{3+}$ ) e do valor de pH da solução, assim como das outras espécies presentes na solução. A figura 7 mostra um diagrama da solubilidade do hidróxido de alumínio,  $Al(OH)_3(s)$ , em mg/l, assumindo apenas a presença da espécie de alumínio.

Vide figura 7.

Os limites de solubilidade indicam os equilíbrios termodinâmicos que existem entre as espécies dominantes do alumínio em um valor de pH e o hidróxido de alumínio sólido. Na figura 7, é observado que a solubilidade mínima do alumínio ocorre em uma concentração de 0,03 mg/L e pH igual a 6,3. Com o incremento da solubilidade, a solução fica mais ácida ou mais alcalina.

O trabalho experimental foi dividido em duas partes:

Uma primeira parte onde são realizadas vários experimentos utilizando um retificador com leitoras analógicas para intensidade de corrente (I) e potencial (E), com o fim de mostrar o efeito da intensidade de corrente, da agitação e do gás ozônio borbulhando sobre a produção de  $Al^{3+}$  e, conseqüentemente, a ECF da sílica. Nos três primeiros experimentos com agitação foram aplicados 1, 2 e 3 A de intensidade de corrente e foram tomadas amostras de solução para medir a concentração de sílica em ppm em função do tempo. Depois, foram realizados três experimentos em  $I = 2$  A sem agitação, com agitação e finalmente com agitação e borbulhamento de gás ozônio.

Uma segunda parte foi realizada utilizando a mesma célula de 10 placas, um potenciostato/galvanostato da marca *Princeton Applied Research* modelo 263 A, uma placa e um software *Power Suite* e um computador COMPAQ. Os experimentos foram em 1, 1,5 e 1,9 A com e sem agitação.

Finalmente, foram realizados vários experimentos em 1,9 A com 2 g de NaBr e com 0,5, 0,75, 1 e 2 g de NaCl. Em cada um dos experimentos com NaCl foi seguida a evolução da condutividade em função do tempo.

#### **Primeira parte**

- 5                    Nas tabelas 1, 2 e 3, são apresentados os resultados experimen-  
tais obtidos dos três primeiros experimentos para diferentes valores de in-  
tensidade de corrente em função do tempo. Pode ser observado que o valor  
do pH da solução está em 8,72 com um valor da condutividade de 1272  $\mu\text{S}$ ,  
isto é, a solução apresenta uma baixa condutividade e que a concentração  
10 de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , fosfatos e sílica diminui com o tempo e a concentração de Cl  
permanece praticamente constante. Também é observado que é alcançada  
a concentração de 0 ppm de sílica nos três experimentos nos 16, 6 e 6 minu-  
tos para  $I = 1, 2$  e  $3$  A, respectivamente; na tabela 4, são mostrados os resul-  
tados experimentais dos três experimentos.

Tabela 1. Resultados experimentais do processo de ECF para I = 1 A

t (min)	pH	$\kappa(\mu\text{S})$	Dureza total (ppm)	$\text{Ca}^{2+}$ (ppm)	$\text{Mg}^{2+}$ (ppm)	$\text{OH}^-$ (ppm)	Alc. M (ppm)	$\text{Cl}^-$ (ppm)	Silica (ppm)	Fosfatos (ppm)
0	8,72	1272	240	140	100	8	592	240	103,5	4
1	8,34	1305	232	140	92	8	592	240	93	4
2	8,36	1330	240	140	100	8	720	260	91	4
3	8,11	1320	250	140	110	0	704	260	81	3
4	8,15	1313	240	140	100	0	720	160	76,5	2
5	8,3	1305	180	90	90	0	680	240	72	2
6	8,34	1202	160	80	80	8	592	248	67,5	2
7	8,45	1284	170	80	90	8	680	300	54	2
8	8,3	1279	168	84	84	8	640	390	49,5	1
9	8,31	1274	160	90	70	8	600	300	45	1
10	8,23	1189	156	80	76	0	560	240	45	1
11	8,36	1252	160	86	74	8	616	240	40,5	1
12	8,54	1166	156	72	84	16	736	280	36	1
13	8,41	1242	160	72	88	8	592	240	27	1
14	8,65	1275	144	88	56	16	582	260	9	1
15	8,6	1270	144	70	74	24	586	240	4,5	1
16	8,62	1140	136	60	76	24	580	240	0	1
17	8,7	1135	120	66	54	24	540	240	0	1
18	8,75	1130	100	50	50	24	516	240	0	1
19	8,76	1132	88	40	48	24	500	240	0	1
20	9,05	1136	84	40	44	24	464	240	0	1

Tabela 2. Resultados experimentais do processo de ECF para I = 2 A

t (min)	pH	$\kappa(\mu\text{S})$	Dureza total (ppm)	$\text{Ca}^{2+}$ (ppm)	$\text{Mg}^{2+}$ (ppm)	$\text{OH}^-$ (ppm)	Alc. M (ppm)	$\text{Cl}^-$ (ppm)	Silica (ppm)	Fosfatos (ppm)
0	8,72	1272	240	100	140	8	592	240	103,5	4
1	7,74	1261	200	72	128	0	400	360	90,5	4
2	7,47	1225	176	64	112	0	376	360	67,5	3
3	7,52	1244	166	56	110	0	376	360	22,5	1
4	7,8	1210	152	56	96	0	384	320	18	1
5	7,58	1131	120	48	72	0	346	280	4,5	1
6	8,11	1105	120	48	72	0	320	272	0	1
7	8,27	1081	120	40	80	0	344	272	0	1
8	8,1	1094	104	40	64	0	280	280	0	1

Tabela 3. Resultados experimentais do processo de ECF para I = 3 A

t (min)	pH	$\kappa(\mu\text{S})$	Dureza total (ppm)	$\text{Ca}^{2+}$ (ppm)	$\text{Mg}^{2+}$ (ppm)	$\text{OH}^-$ (ppm)	Alc. M (ppm)	$\text{Cl}^-$ (ppm)	Silica (ppm)	Fosfatos (ppm)
0	8,72	1272	240	140	100	8	592	240	103,5	4
1	8,1	1277	140	88	152	0	624	240	103,5	6
2	7,8	1253	200	80	120	0	584	240	90	2
3	7,81	1238	192	88	104	0	550	240	67,5	2
4	7,91	1210	140	80	60	0	560	240	22,5	1
5	8,23	1183	112	88	24	8	480	240	0	1

Tabela 4. Concentração de sílica em função do tempo e de I.

Tempo	I = 1 A	I = 2 A	I = 3 A	Tempo	I = 1 A	I = 2 A	I = 3 A
Min	Ppm	Ppm	Ppm	Min	Ppm	Ppm	Ppm
0	103,5	103,5	103,5	8	49,5		
0,5	100	100	103,5	8,5	46		
1	99	100	103,5	9	45		
1,5	99	65	100	9,5	45		
2	99	67,5	90	10	45		
2,5	80	45	83	10,5	42		
3	81	22,5	67,5	11	40,5		
3,5	78	20	55	11,5	38		
4	76,5	22,5	22,5	12	36		
4,5	74	12,5	20	12,5	31		
5	72	4,5	0	13	27		
5,5	70	18		13,5	15		
6	67,5	18		14	9		
6,5	60	0		14,5	7		
7	54			15	4,5		
7,5	51			15,5	3		
				16	0		

No anteriormente exposto, é permitido observar que a concentração zero de sílica no segundo experimento chega, na realidade, sobre os 5 minutos. Na figura 8, é mostrada a troca na concentração de sílica em função do tempo.

Vide figura 8.

Foram realizados três experimentos de ECF a partir de uma concentração inicial de 85,5 ppm de sílica e um valor de  $I = 2$  A. O primeiro foi realizado sem agitação; no segundo, o eletrólito foi agitado; e no terceiro, foi mantida a agitação, tendo sido borbulhado adicionalmente o gás ozônio. Dos resultados obtidos, e que são mostrados na Tabela 5 e na figura 9, pode ser observado que é alcançada primeiro, e na seguinte ordem, a concentração zero de sílica: 3º. experimento > 2º. experimento > 1º. experimento. O anterior sugere que uma melhor mistura promove a EFC e o desaparecimento mais rápido de sílica na solução.

Tabela 5. Concentração de sílica em função do tempo para  $I = 2$  A e diferentes condições de operação

t/min	sem agitação	com agitação	com agitação mais injeção de $O_3$
	Sílica (ppm)	Sílica (ppm)	Sílica (ppm)
0	85,5	85,5	85,5
1	80	63	40,5
2	75	50	37
3	72	45	31,5
4	63	39	29
5	54	22,5	28
6	45	10	22
7	27	8	0
8	18	0	
9	0		

Vide figura 9.

### Segunda parte

5 Foram realizados vários experimentos da água de purga por cronopotenciometria a  $I = 1, 1,5$  e  $1,9$  A e para o caso específico de  $I = 1,9$  A com 2 g de NaBr e com 0, 0,5, 1 e 2 g de NaCl. Os resultados obtidos serão utilizados para determinar ...

Vide as figuras 10/11/12/13/14/15/16.

Tabela 6. Sílica separada por EFC e  $AL^{3+}$  produzido para  $I = 1$  A

t/min	sílica separada			Al produzido		
	Sílica/ppm	Sílica/g L <sup>-1</sup>	Sílica/mol	AL <sup>3+</sup> /g L <sup>-1</sup>	AL <sup>3+</sup> /ppm	AL <sup>3+</sup> /mol L <sup>-1</sup>
0	103,5	0,1035	1,725	0,000	0	0
1	99	0,099	1,650	0,003	2,99	0,111
2	99	0,099	1,350	0,006	5,99	0,222
3	81	0,081	1,275	0,009	8,98	0,333
4	76,5	0,0765	1,200	0,012	11,98	0,444
5	72	0,072	1,125	0,015	14,97	0,555
6	67,5	0,0675	0,900	0,018	17,97	0,666
7	54	0,054	0,825	0,021	20,96	0,777
8	49,5	0,0495	0,825	0,024	23,96	0,888
9	45	0,045	0,750	0,027	26,95	0,999
10	45	0,045	0,750	0,030	29,95	1,110
11	40,5	0,0405	0,675	0,033	32,94	1,221
12	36	0,036	0,600	0,036	35,94	1,332
13	27	0,027	0,450	0,039	38,93	1,443
14	9	0,009	0,150	0,042	41,93	1,554
15	4,5	0,0045	0,075	0,045	44,92	1,665
16	0	0	0	0,048	47,92	1,776

Desenvolvimento:

10 Foi utilizada uma célula de 10 placas de alumínio de dimensões de 0,07, 0,11 e 0,00635 m de altura, largura e espessura, respectivamente.



A área total anódica (9 faces) é de 0,0693 m<sup>2</sup>. Entre as placas havia uma separação de 0,005 m.

Material e equipamento:

- 5 - 1 retificador que opera no intervalo de 0 a 5 A e de 0 a 20 V.
- 1 kit de laboratório para determinar a sílica marca Hach.
- 1 célula de 10 placas de alumínio.
- 50 L de água da purga de torres de resfriamento.
- Sais de NaBr e NaCl.
- 1 eletrodo de calomel (cloreto de mercúrio).
- 10 - 3 recipientes de precipitados de 1000 mL.
- 4 vasos de precipitados de 200 mL.
- Um potenciostato/galvanostato marca *Princeton Applied Research* modelo 263 A. Este equipamento controla uma tensão de  $\pm 20$  V e uma intensidade de corrente de  $\pm 2$  A controladas com um computador COMPAQ com uma placa e o Software "Power Suite".
- 15 - Uma placa e um Software "Power Suite" marca *Sistemas Automatizados Industriais*, que permite realizar as técnicas de corrosão, de voltametria cíclica, de cronoamperometria, de potencial a circuito aberto, de cronopotenciometria e técnicas de impedância eletroquímica.
- 20 - 1 equipamento de Espectroscopia de Absorção Atômica da marca Perkin-Elmer e modelo 2100, que pode trabalhar de acordo com as modalidades de chama (ar/acetileno e nitroso/acetileno), Forno de Grafite mod. HGA-700 com um injetor automático de amostras modelo AS-70, Gerador de Hidretos modelo MHS-10.
- 25 - 1 condutímetro.
- 1 multímetro.
- Papel pH.

### **BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS, DESENHOS E GRÁFICOS**

30 A figura 1 representa o diagrama do sistema integral de tratamento de águas.

A figura 2 descreve o processo do sistema integral de tratamento de águas.

A figura 3 mostra uma célula eletroquímica, onde o numeral 1 indica uma placa de alumínio, o 2, separadores entre as placas de material isolante, que funcionam como divisórias para produzir turbulência na água para favorecer a reação do hidróxido de alumínio com os contaminantes presentes na água a ser tratada, o 3, uma célula nas placas intercaladas que permite a conexão dos eletrodos, o 4, a distância entre as placas, o 5, o eletrodo positivo, e o 6, o eletrodo negativo.

A figura 4 mostra uma vista superior da célula do reator eletroquímica, onde o numeral 7 indica um reator eletrolítico ozonizado.

10 A figura 5 é uma seção da célula do reator eletroquímico, onde o numeral 9 indica a entrada de água, o 9, a saída de água, o 10, um contato positivo, e o 11, um contato negativo.

A figura 6 mostra as interações que ocorrem em uma célula de ECF.

15 A figura 7 é um diagrama de solubilidade do hidróxido de alumínio, sendo considerado apenas com relação à espécie de alumínio.

A figura 8 mostra a concentração de sílica (eixo y) em função do tempo (eixo x) para diferentes valores da intensidade de corrente (I), 1A, 2A, 3A.

20 A figura 9 mostra a concentração de sílica para diferentes condições de operação.

A figura 10 é um gráfico do potencial em função do tempo para  $I = 1A$ .

25 A figura 11 é um gráfico do potencial em função do tempo para  $I = 1,5 A$ .

A figura 12 é um gráfico do potencial em função do tempo para  $I = 1,9 A$ .

30 A figura 13 é um gráfico do potencial em função do tempo para  $I = 1,9 A$ . As curvas de EFC da solução representam solução sem sal (curva superior), solução com 2 g de NaBr (curva intermediária), solução com 2 g de NaCl (curva inferior).

A figura 14 mostra a voltametria cíclica da solução com

2 g/L de NaBr.

A figura 15 mostra a voltametria cíclica da solução com 2 g/L de NaCl.

5 A figura 16 mostra curvas cronopotenciométricas da solução a  $I = 1,9$  A e diferente concentração inicial de sal: 0,5 g de NaCl (primeira curva superior), 0,75 g de NaCl (segunda curva superior), 1 g de NaCl (primeira curva inferior) e 2 g de NaCl (segunda curva inferior).

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema integral de tratamento de água para torres de resfriamento e outros processos, tais como o rechaço de osmose inversa, regenerações de sistemas de desmineralização na unidade aniônica, águas azuladas das aeronaves e águas residuais, no qual são reduzidos e/ou eliminados contaminantes, tais como a sílica, a dureza total de cálcio e magnésio, os sólidos suspensos, a matéria orgânica, os microorganismos, os metais pesados, os colorantes, os detergentes e o arsênico, sendo obtida uma qualidade da água que permite que a mesma seja reutilizada novamente em diferentes processos industriais, semi-industriais ou domésticos, gerando assim economias de água e produtos químicos.

A inovação tecnológica neste sistema é a de eliminar 100% da sílica e a de reduzir a concentração dos sais de dureza de cálcio e magnésio, sais que provocam a formação de incrustações. Também são eliminados os sólidos suspensos na água tratada que formam um lodo por meio de um sistema separador de sólidos ou de filtração, sendo com isso obtida uma qualidade da água que permite que a mesma seja reutilizada como reposição para as torres de resfriamento com uma concentração de 0 a 40 partes por milhão de sílica, diminuindo a concentração dos sais de dureza total, sólidos suspensos e microorganismos, permitindo aumentar os ciclos de concentração, eliminando as perdas de água por purgas com o objetivo de reutilizar a água nas torres de resfriamento, controlando ao mesmo tempo a velocidade de corrosão, a formação de incrustações de sais de dureza e sílice, evitando e mantendo controlada a proliferação microbiológica, e reduzindo assim a adição de produtos químicos.

Este sistema compreende:

- a) um sistema de ejetor Venturi,
- b) um sistema concentrador de oxigênio,
- c) um equipamento gerador de ozônio,
- d) um sistema controlador de pH,
- e) um sistema controlador de condutividade, caracterizado por

- f) uma célula eletroquímica com placas de alumínio (ferro, zinco, ou qualquer outro metal que reaja com a sílica para separá-la da água),
- g) um sistema separador de sólidos ou um sistema de filtração,
- h) um sistema concentrador de oxigênio, e
- i) um equipamento gerador de ozônio.

5

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, no qual podem ser eliminados até 100% da sílica presente na água das torres de resfriamento e de outros processos, e, com a integração de diferentes sistemas, pode ser aumentada a eficiência de remoção da sílica, já que a filtração apenas elimina 20%, que são a sílica insolúvel, a ozonização oxidando a sílica solúvel e, com uma filtração, permite eliminar 30%, um processo eletroquímico sem filtração eliminando 30%, e, com a integração de um processo eletroquímico com a aplicação de ozônio e um sistema de filtração, podem ser eliminados 100% da sílica solúvel e insolúvel presente na água, e, mediante o condicionamento da água com a adição de cloreto de sódio, pode ser elevada a condutividade e diminuída a tensão, reduzindo assim o consumo de energia elétrica no processo.

15

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, no qual podem ser eliminados até 100% da sílica presente na água das torres de resfriamento, tais como rechaços do processo de osmose inversa, enxágues das regenerações das plantas e sistemas de intercâmbio iônico nos sistemas aniônicos, e de outros processos nos quais é desejada a eliminação da sílica da água.

20

4. Sistema integral de tratamento de águas, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, com a passagem da água através de uma célula eletrolítica ozonizada, é conseguida uma qualidade da água que permite que a mesma seja reutilizada como reposição para as torres de resfriamento com uma concentração de 0 a 40 partes por milhão de sílica, e uma menor concentração dos sais de dureza total, sólidos suspensos e microorganismos, o que permite aumentar os ciclos de concentração, e a eliminação das perdas de água por purgas com o objetivo de reutilizar a

25

30

água nas torres de resfriamento.

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, no qual a água pode ser filtrada para reduzir o conteúdo de sólidos suspensos e da sílica insolúvel, embora possa também passar diretamente para a célula eletrolítica sem filtração prévia.

6. Água, como definido na reivindicação 1, que pode passar diretamente sem ser ozonizada no reator eletroquímico, caracterizada pelo fato de poder ser ozonizada antes de passar pela célula eletrolítica para oxidar contaminantes e melhorar a separação de sólidos e sílica.

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a aplicação de ozônio na água da torre de resfriamento depois da célula eletroquímica aumentar a eficiência do programa de tratamento químico da água, reduzindo e controlando a velocidade de corrosão, a formação de incrustações de sais de dureza e sílica, mantendo controlada a proliferação microbiológica, e reduzindo a adição de produtos químicos dos programas de tratamento da água das torres de resfriamento.

8. Sistema integral de tratamento de águas, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, com a integração do processo de ozonização com um processo eletroquímico, é aperfeiçoada a eficiência de remoção da sílica e de outros contaminantes, permitindo obter uma qualidade da água residual que cumpra com as normas para que a mesma possa ser reutilizada em diferentes processos industriais, já que, com a passagem do oxigênio concentrado através de um reator de alta tensão, é gerado o ozônio que é necessário para a oxidação dos contaminantes presentes na água a ser tratada, a aplicação do gás ozônio tendo vários objetivos, o primeiro sendo a oxidação dos contaminantes formando uma alteração na estrutura morfológica dos cristais dos sais de sílica, favorecendo a formação de lodos e finalmente otimizando a eliminação da sílica da água da torre de resfriamento, assim como uma reação devido à oxidação dos contaminantes que favorece a formação de sólidos que permitem a separação da água, sendo assim obtida uma otimização do processo, o segundo objetivo, isto é, a aplicação de ozônio na água da torre de resfriamento depois da célula ele-

troquímica, sendo o aumento da eficiência do programa de tratamento químico da água, reduzindo e controlando a velocidade de corrosão, a formação de incrustações de sais de dureza e sílica, mantendo controlada a proliferação microbiológica, e reduzindo a adição de produtos químicos dos programas de tratamento da água das torres de resfriamento.

9. Método integral para o tratamento de águas das torres de resfriamento e de outros processos (rechaço de osmose inversa, regenerações de sistemas de desmineralização na unidade aniônica e águas residuais), no qual são reduzidos e/ou eliminados os contaminantes, tais como a sílica, a dureza total de cálcio e magnésio, os sólidos suspensos, a matéria orgânica, os microorganismos, os metais pesados, os colorantes e os detergentes, melhorando a qualidade da água para que a mesma seja reutilizada novamente em diferentes processos industriais, semi-industriais ou domésticos, gerando assim economias de água e de produtos químicos, o método compreendendo:

- a) Um sistema de ejetor Venturi que é basicamente um ejetor que favorece a mistura de água-gás (ozônio), que permite uma ótima mistura da água a ser tratada com o gás ozônio.
- b) Um sistema concentrador de oxigênio que separa o nitrogênio do oxigênio que está presente no ar atmosférico por meio de um processo físico de filtração em uma pressão determinada, no qual é conseguida a concentração do oxigênio que é exigida como matéria-prima para gerar ozônio.
- c) Um equipamento gerador de ozônio que, com a passagem do oxigênio concentrado no equipamento anterior através de um reator de alta tensão, é gerado o ozônio que é necessário para a oxidação dos contaminantes presentes na água a ser tratada, a aplicação do gás ozônio tendo vários objetivos, o primeiro sendo a oxidação dos contaminantes formando uma alteração na estrutura morfológica dos cristais dos sais de sílica, favorecendo a formação de lodos e finalmente otimizando a eliminação da sílica da água da tor-

re de resfriamento, assim como uma reação devido à oxidação dos contaminantes que favorece a formação de sólidos que permitem a separação da água, sendo assim obtida uma otimização do processo.

- 5 d) Um sistema controlador de pH que contém um sensor que mede o pH e que envia um sinal a um computador pessoal que por sua vez envia um sinal a um sistema que acondiciona o pH para mantê-lo dentro de um valor de 6,5 a 9,0, por meio da adição de ácido sulfúrico, clorídrico, nítrico ou
- 10 qualquer ácido orgânico para baixar o pH, ou por meio da adição de um alcalino, tal como hidróxido de sódio, carbonato de sódio ou qualquer produto químico que eleve o pH da água, para mantê-lo dentro de um valor de 6,5 a 9,0.
- e) Um sistema controlador de condutividade que contém um
- 15 sensor que mede a condutividade da água e que envia um sinal a um computador pessoal que por sua vez envia um sinal a um sistema que acondiciona o valor da condutividade da água para mantê-la dentro de um valor de 100 a
- 20 20.000 micromhos, por meio da adição de cloreto de sódio ou qualquer produto químico que eleve a condutividade da água,
- caracterizado por f) Uma célula eletroquímica com células
- 25 de alumínio (ferro ou zinco), na qual é formado hidróxido de alumínio (ou blocos de alumínio compactado e prensado), que também pode ser de ferro ou zinco, que reage com os
- contaminantes presentes na água formando um lodo (eletrofloculação) que é facilmente separado da água com a aplicação de uma corrente elétrica em uma amperagem entre
- 30 0,001 a 3 ampères por centímetro quadrado, que permite uma densidade de corrente otimizada para ceder o alumínio que é exigido para reagir com os contaminantes presentes na água a ser tratada, formando um lodo que é pos-



teriormente separado da água, permitindo assim que a água tratada por este sistema seja reutilizada, e, com a integração dos processos de filtração e ozonização, sendo obtida uma melhor qualidade da água.

- 5 g) Um sistema separador de sólidos ou um sistema de filtração que pode se dar por diferentes processos, seja por um sistema de filtração de cascalho, areia, antracito, carvão ativado, filtração por vácuo, separação de sólidos em líquidos por centrifugação, filtros rotatórios a vácuo, ou qualquer
- 10 outro processo de separação de sólido-líquido, que permita uma separação dos sólidos formados no reator eletroquímico da água, dependendo da qualidade da água a ser tratada.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo

15 fato de que, com a passagem da água a ser tratada através de uma célula eletroquímica com placas de alumínio e a posterior separação dos lodos formados, a água tratada pode ser reutilizada, e com a filtração, a ozonização e o acondicionamento com a adição de cloreto de sódio, seja obtida uma melhor qualidade da água com um baixo custo.

20 11. Aplicação do ozônio, caracterizada pelo fato de a oxidação dos contaminantes presentes na água, antes da passagem pela célula eletroquímica com células de alumínio, favorecer a separação dos sólidos e da sílica e, depois da filtração, melhorar a qualidade da água, favorecendo sua reutilização na indústria em geral.

25 12. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por uma célula eletroquímica com placas ou blocos de alumínio (ferro, zinco ou magnésio comprimidos, compactados ou prensados), que, com a indução de uma ótima amperagem de acordo com a qualidade da água a ser tratada, é produzido hidróxido de alumínio (ou do metal) que funciona como um coagu-

30 lante que retém as partículas oxidadas e não-oxidadas presentes na água formando compostos ou flóculos que são separados nos contaminantes da água na forma de lodos.

13. Sílica retida nos lodos formados, como definido na reivindicação 9, caracterizada pelo processo eletrolítico de eletrocoagulação, eletrofloculação, pela produção do hidróxido de alumínio ou do metal, formando compostos insolúveis que são separados da água, favorecendo a flutuação  
5 através do reator eletrolítico pela formação das borbulhas de hidrogênio que são produzidas nos cátodos com as microborbulhas do gás ozônio e mantendo um fluxo ascendente da água, evitando a sedimentação destes lodos, que são separados da água posteriormente por um sistema de filtração.

14. Processo desenvolvido pela presente invenção, que é obtido  
10 com a integração de tecnologias básicas, que, com a união das mesmas, é obtida uma inovação tecnológica que elimina 100% da sílica e reduz a concentração dos sais de dureza de cálcio e magnésio, sais que provocam a formação de incrustações, eliminando os sólidos suspensos e outros contaminantes presentes na água que, com o tratamento da mesma com este novo processo, é formado um lodo que é posteriormente separado em um sistema  
15 separador de sólidos ou de filtração.

15. Invenção, como definido na reivindicação 14, que permite aumentar os ciclos de concentração nas torres de resfriamento gerando economias de água e de produtos químicos além de manter controlada a  
20 proliferação microbiológica, o que permitirá à indústria em geral substituir os programas de tratamento de águas industriais convencionais por esta nova alternativa tecnológica.

16. Novo processo de tratamento de água, como definido na reivindicação 14, que permite obter uma excelente qualidade da água residual  
25 em um custo por metro cúbico muito atrativo para a indústria em geral, e a inter-relação dos processos de filtração, ozonização, eletroquímica, filtração e ozonização permite executar este processo de tratamento de águas industriais e/ou residuais, sendo obtida uma qualidade da água que cumpre com as normas necessárias, permitindo que a mesma seja reutilizada novamente  
30 em diferentes processos industriais e/ou de irrigação de áreas verdes.

17. Processo desenvolvido de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que, com a integração de tecnologias básicas, a

concentração do oxigênio contido no ar do meio ambiente devido à separação do nitrogênio é conseguida mediante o processo de separação de gases, este oxigênio concentrado passando por um processo de alta tensão que obtém uma produção de ozônio otimizada em uma alta concentração  
5 que permite executar a oxidação dos contaminantes na água a ser tratada para posteriormente, com a integração de uma célula eletroquímica com placas de alumínio, produzir hidróxido de alumínio que, com a reação com os contaminantes presentes na água, forma um lodo insolúvel, para posteriormente separá-los da água por meio de um sistema de filtração, de vácuo ou  
10 de centrifugação, sendo assim obtida uma água com uma qualidade que permita que a mesma seja reutilizada para diferentes processos industriais e/ou irrigação de áreas verdes.

18. Acondicionamento da água, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pela adição de cloreto de sódio para elevar a condutividade e diminuir a tensão, reduzindo assim o consumo de energia elétrica no  
15 processo.

19. Tratamento de água residual e/ou industrial, como definido na reivindicação 14, com o qual é obtida água com uma qualidade que permita que a mesma seja novamente usada, com o cumprimento das normas ecológicas estabelecidas para cada caso em particular, a diferença na qualidade da água a ser obtida sendo conseguida com a integração otimizada  
20 destas tecnologias, com o desenvolvendo do sistema para cada aplicação em particular, e sendo, portanto, necessário estabelecer condições particulares em cada caso.

20. Uso de um sistema eletroquímico de eletrocoagulação/eletrofloculação/eletroflutuação com células de alumínio/ferro/zinco/magnésio e outros metais que elimina a sílica da água.  
25

21. Uso de uma célula eletrolítica com ozônio, seja antes, seja depois (pré-ozonização de pós-ozonização) (ozônio/eletroquímica/filtração/  
30 ozônio) para o tratamento de água.

22. Eliminação de contaminantes na água por meio de ozônio e eletroquímica, para reduzir os sais de sílica, dureza total, tais como de cálcio

e magnésio, cloretos, metais, gorduras e azeites, colorantes, matéria orgânica, demanda química de oxigênio, demanda biológica de oxigênio, microorganismos em geral, cianureto, arsênico, fluoretos em qualquer tipo e qualidade de água.

5                   23. Adição de um sal de bromo, tal como brometo de sódio, para favorecer o controle microbiológico mediante a oxidação do sal com o ozônio no tratamento da água para torres de resfriamento.

10                   24. Método eletroquímico para a eliminação da sílica em qualquer tipo, tratamento e/ou acondicionamento de águas, seja de processo, industrial, residual, ou qualquer semelhança à eliminação, e para a redução da sílica na água.

15                   25. Uso de qualquer sistema eletroquímico para a eliminação e/ou redução da sílica, da dureza total e de qualquer sistema, processo e/ou tratamento de águas para as torres de resfriamento, rechaço de osmose inversa, regeneração de sistemas e/ou instalações de desmineralização de resinas de intercâmbio iônico aniônico, águas residuais ou qualquer outro processo que se refira à eliminação da sílica ou da dureza total da água.

20                   26. Reator eletroquímico ozonizado para formar hidróxido de alumínio e reter nos contaminantes presentes na água, que é otimizado com o controle de um fluxo adequado da água e com a implementação de divisórias, tais como misturadores estáticos, ou qualquer outro sistema de agitação com o qual é conseguida a integração do hidróxido de alumínio formado neste sistema com os contaminantes presentes na água a ser tratada, para a posterior separação dos traços dos lodos que não puderam ser separados da água por meio de um sistema de filtração.

25                   27. Adição de um sal de bromo à água tratada com ozônio que favorece a oxidação dos contaminantes que melhora o controle da proliferação microbiológica do sistema da água das torres de resfriamento, a aplicação de bromo permitindo obter uma regeneração por meio do ozônio, já que o bromo livre reage com os contaminantes ou com os microorganismos, que é decomposto e, com a ação do ozônio, sendo realizada a reação química que  
30                   forma brometos e bromatos que permitem reativar a ação do bromo na água.

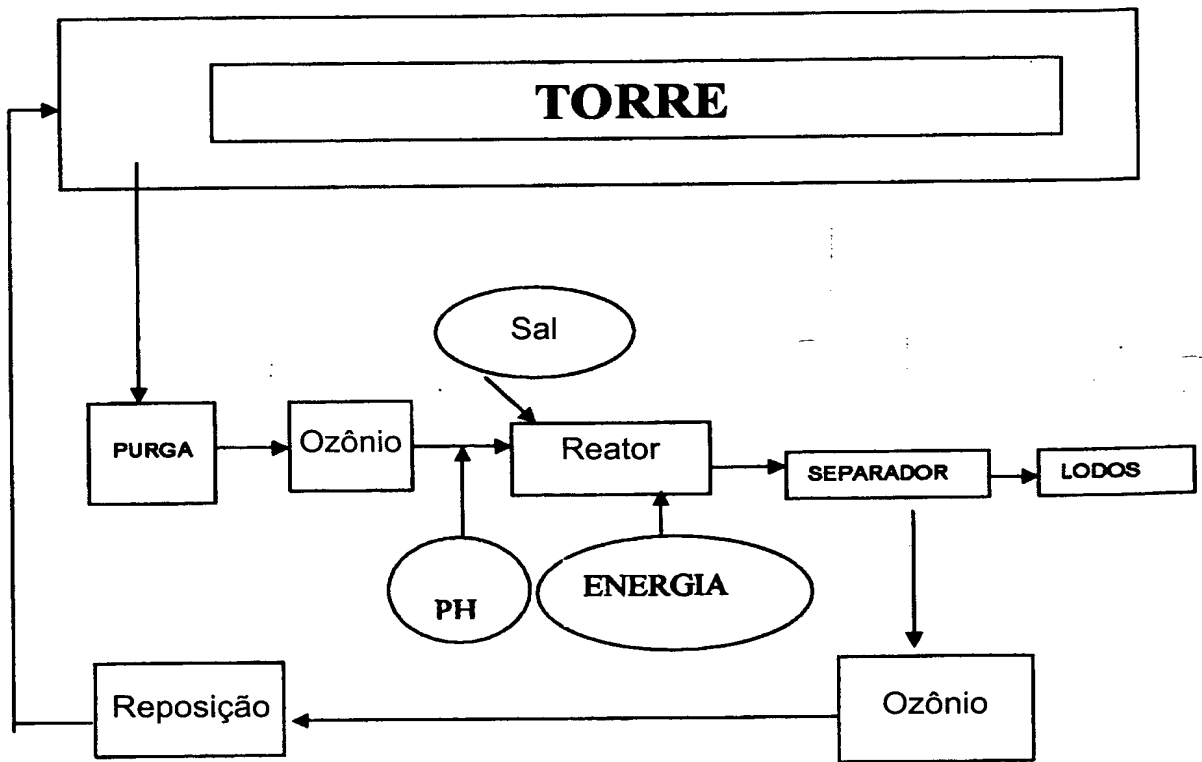


FIG. 1

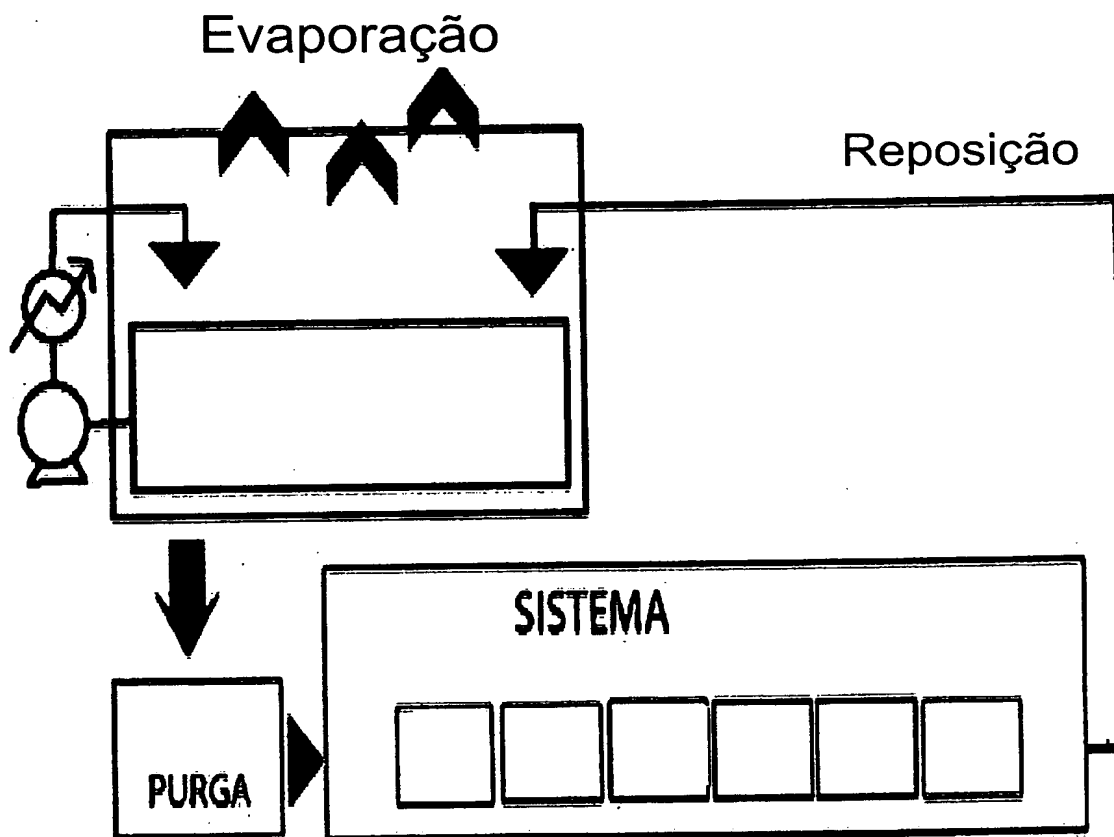


FIG. 2

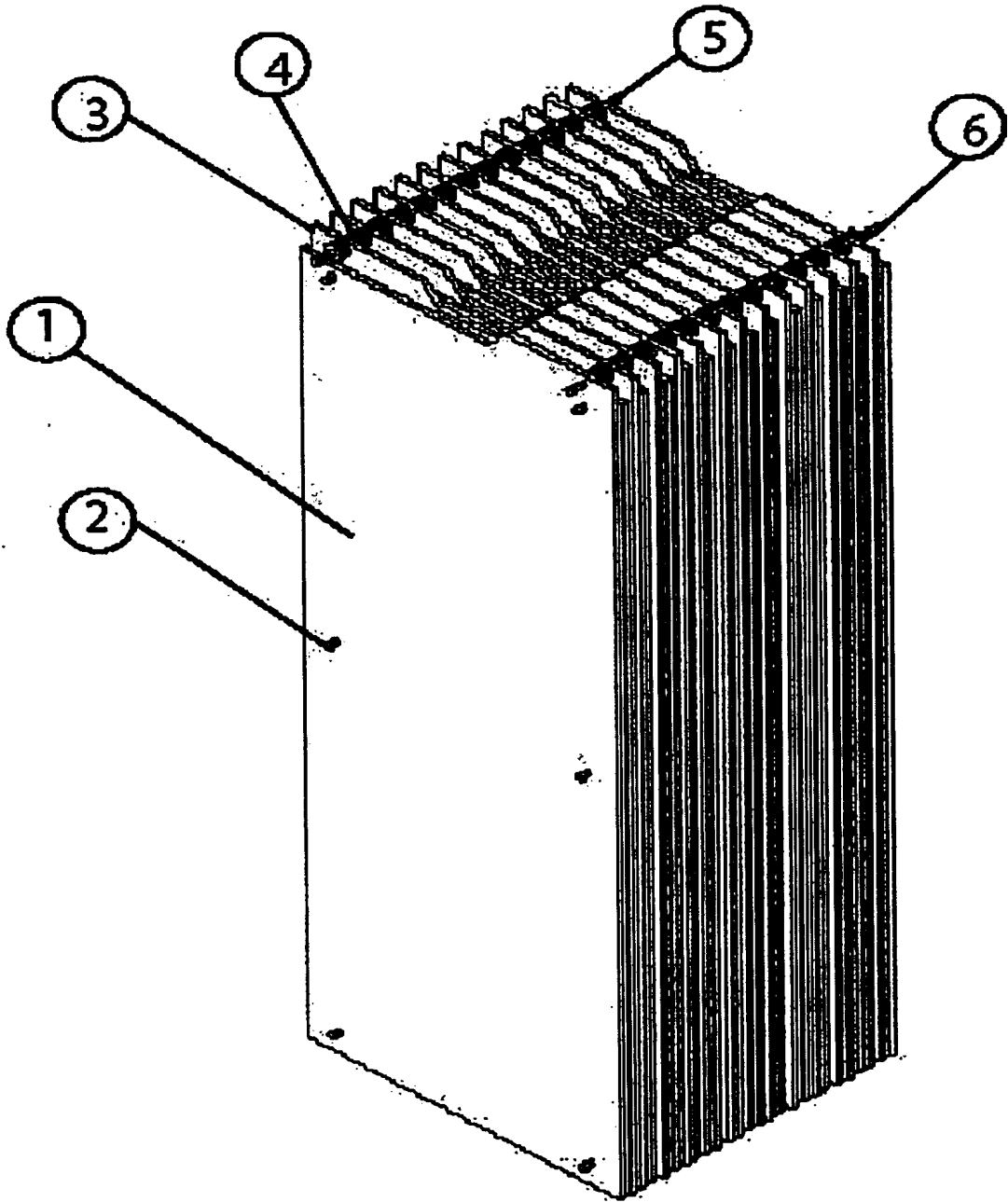


FIG. 3

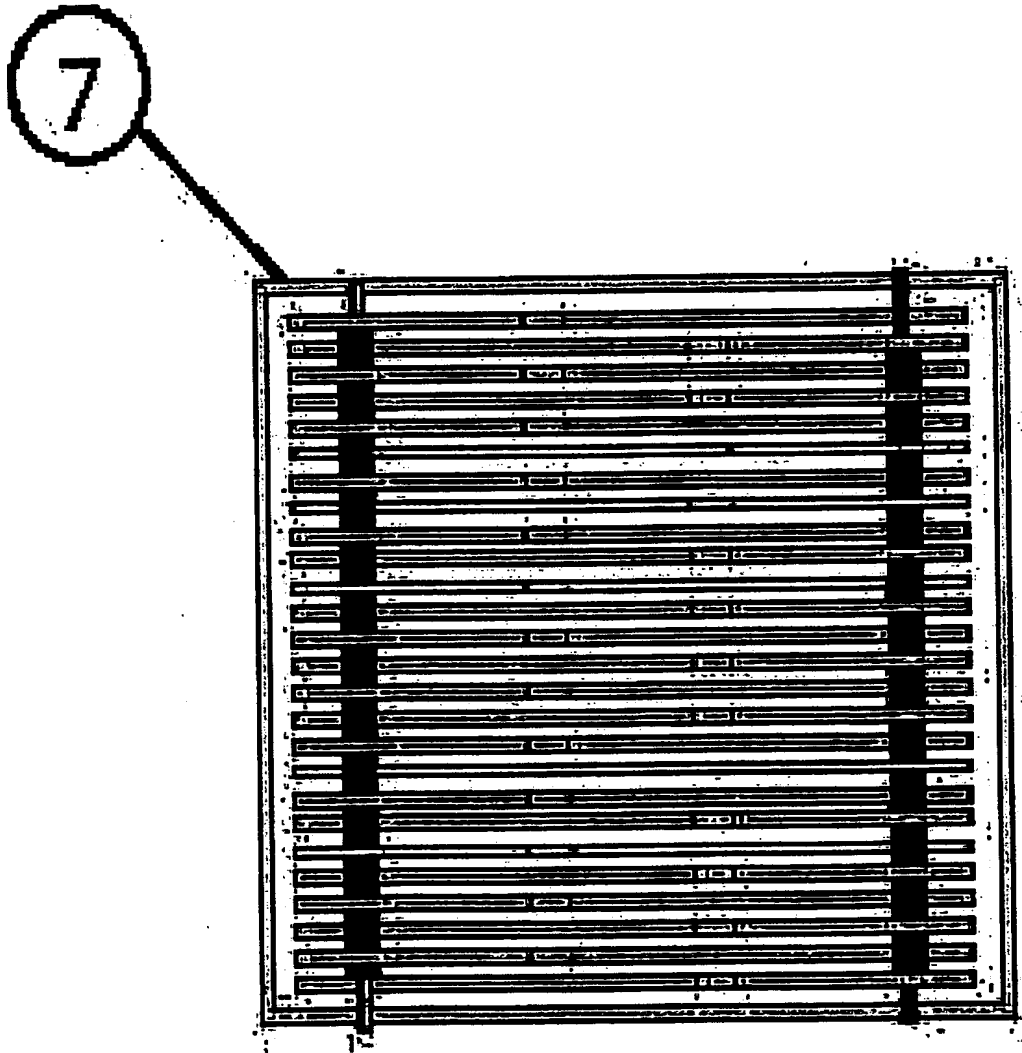


FIG. 4



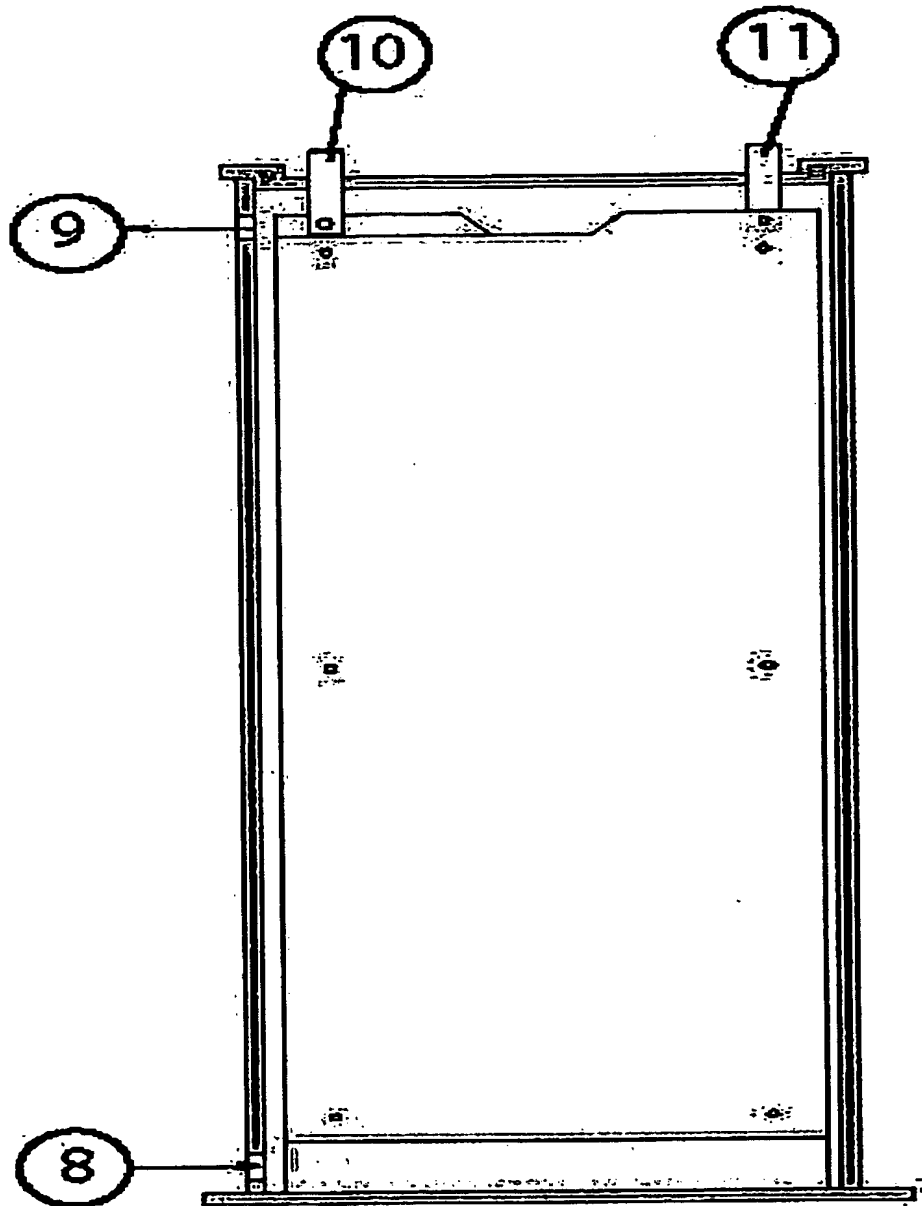


FIG. 5

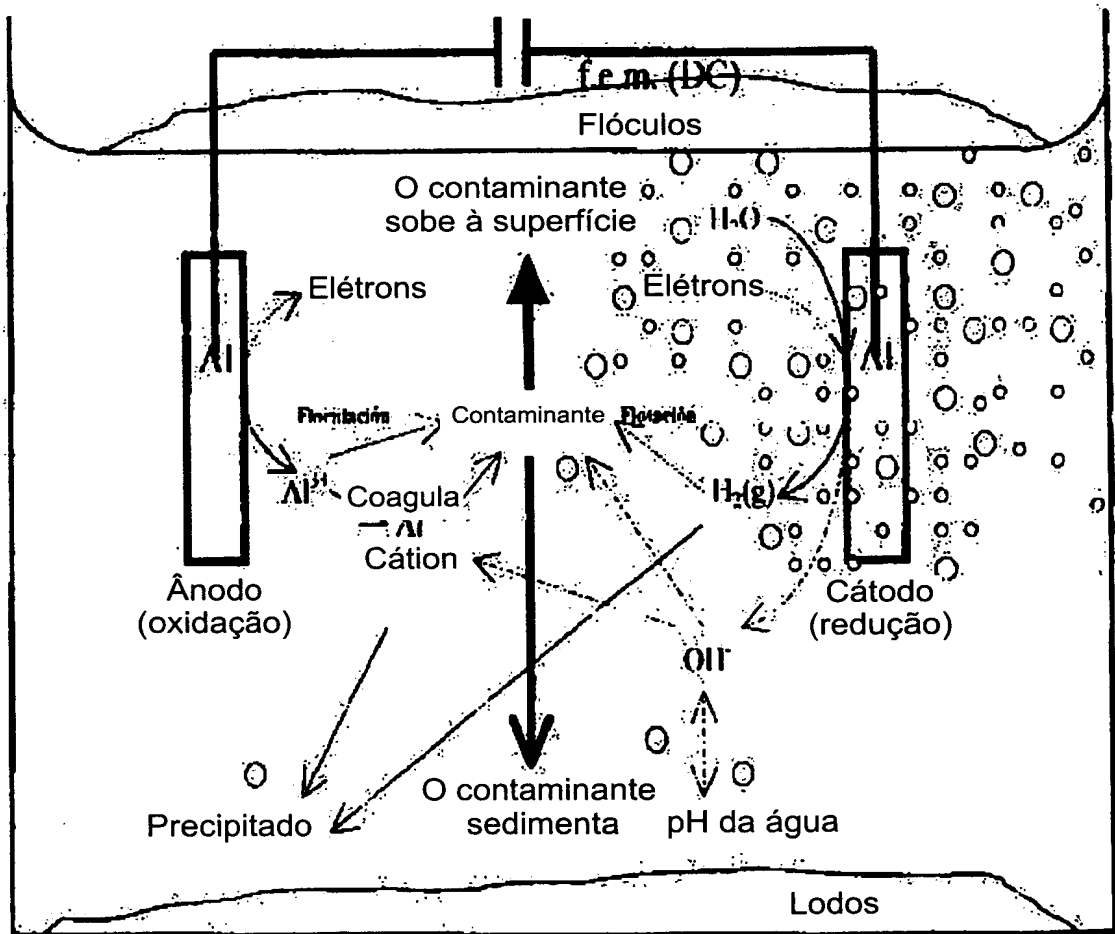


FIG. 6

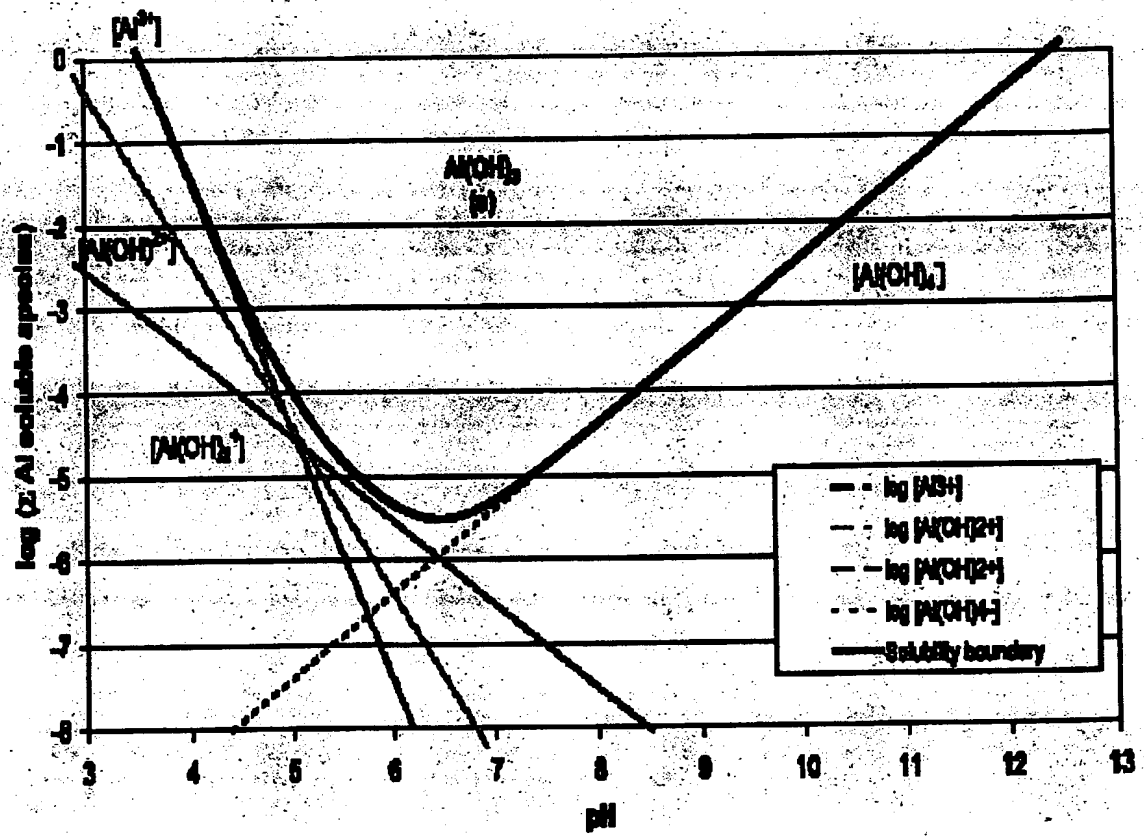


FIG. 7

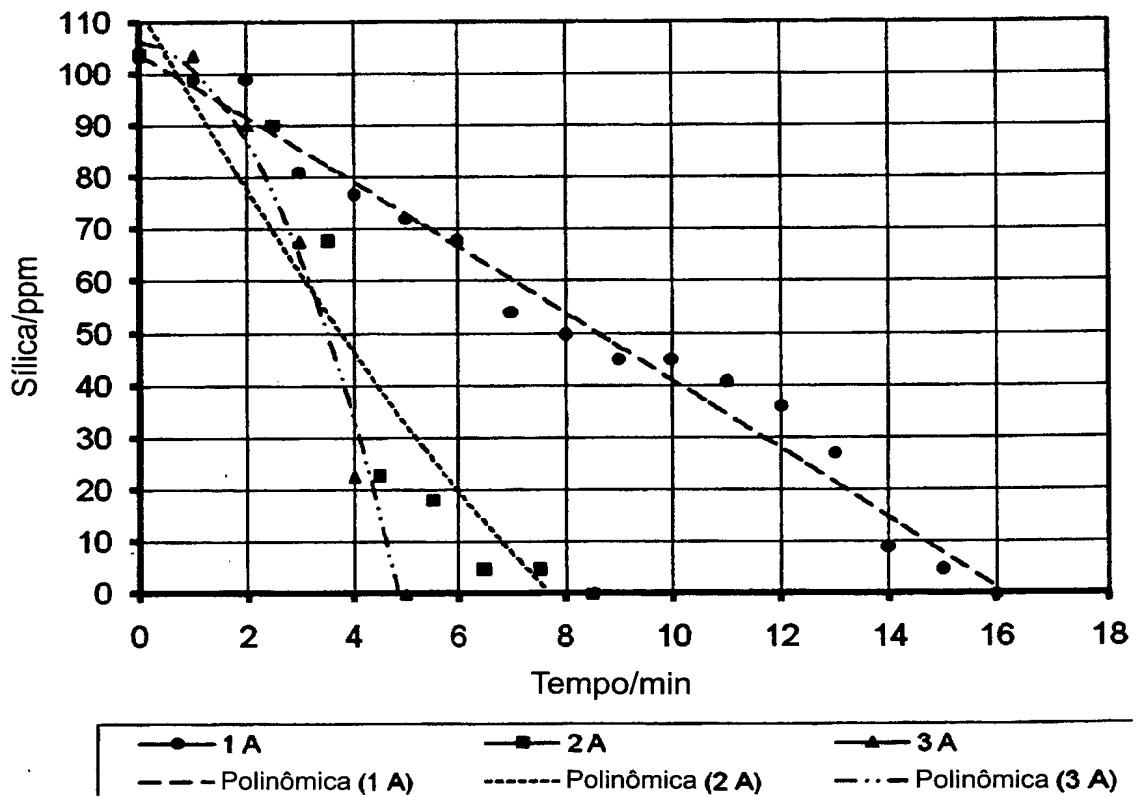


FIG. 8

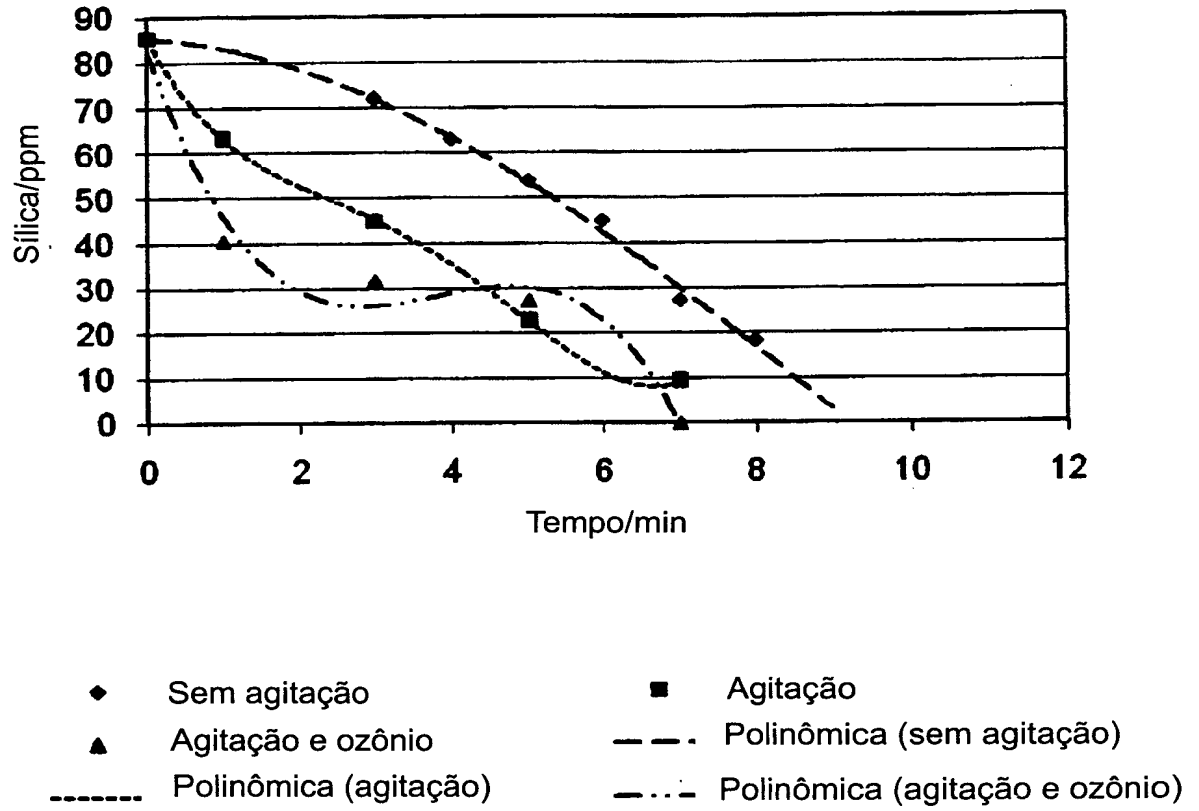


FIG. 9

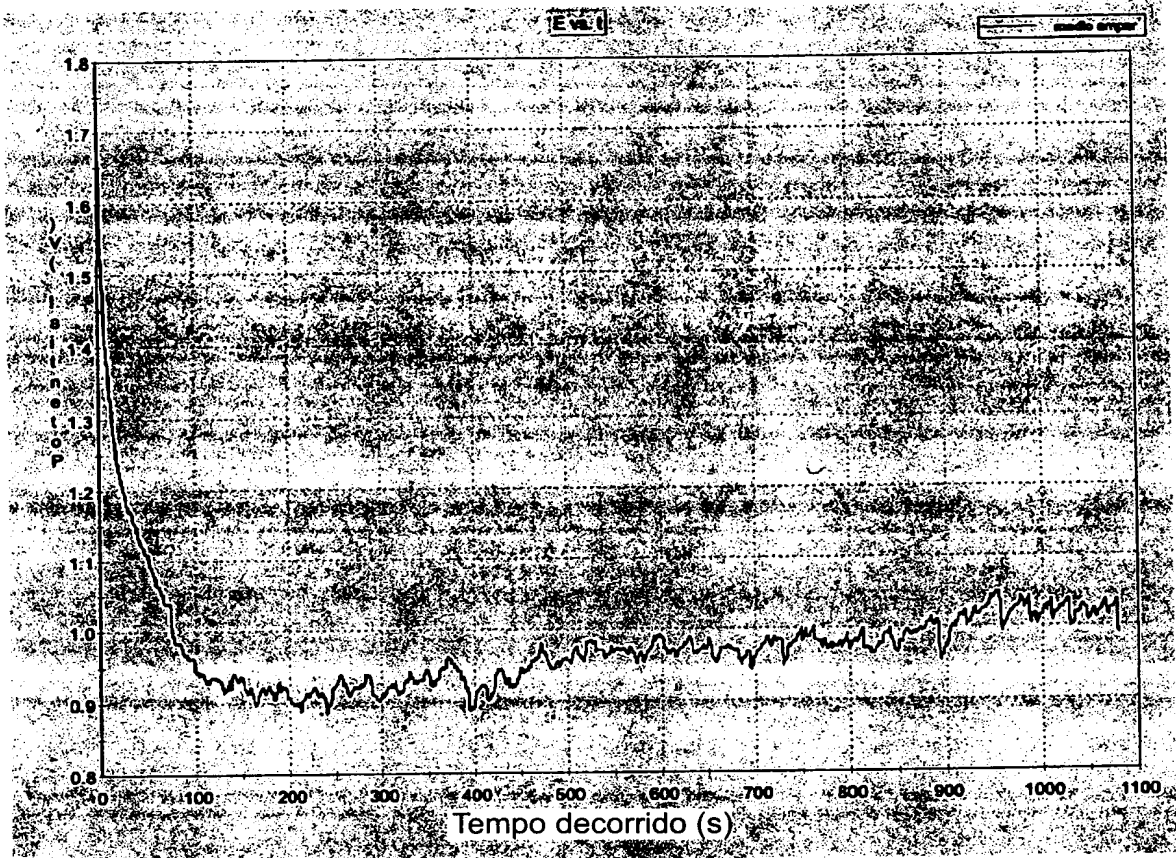


FIG. 10

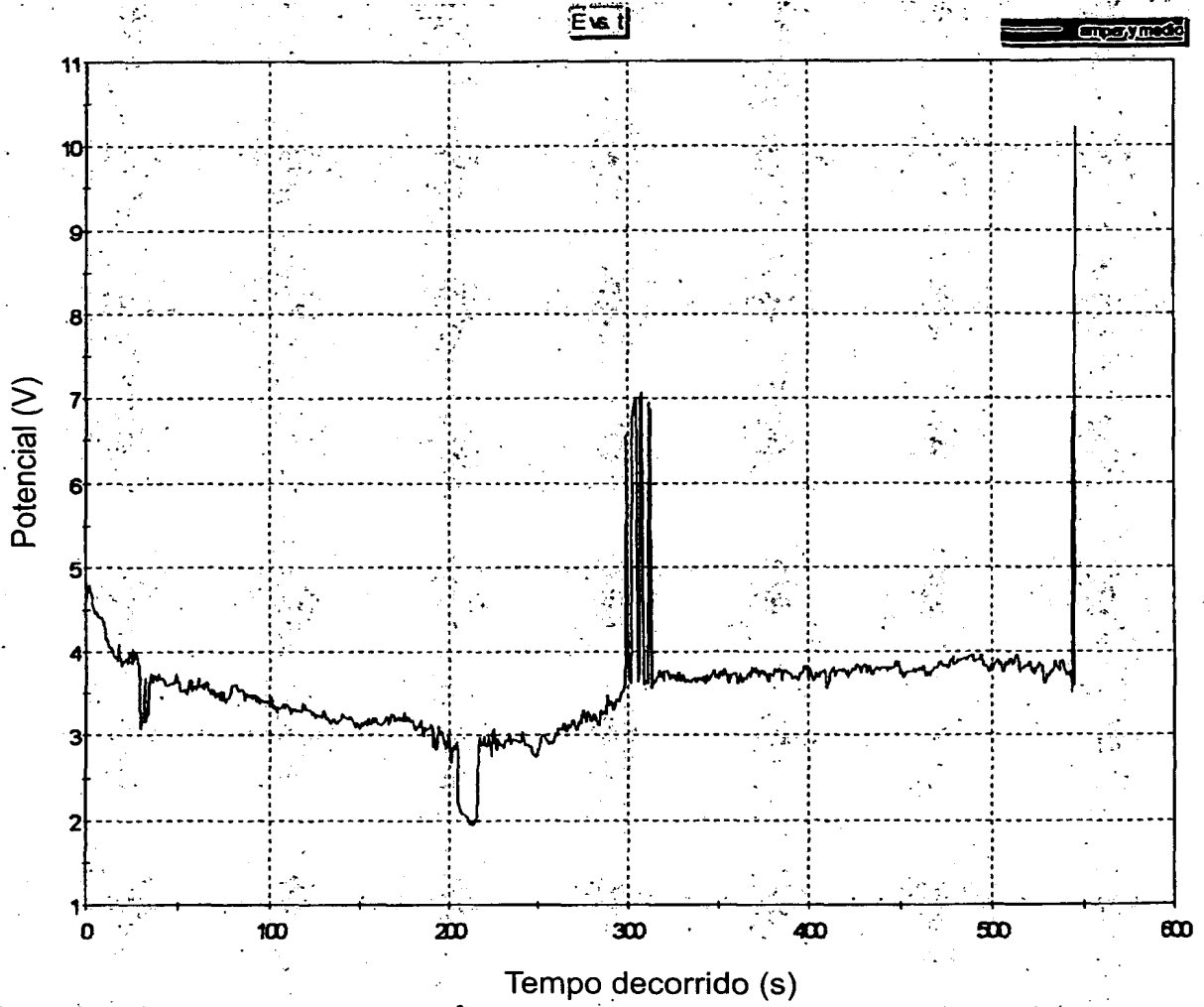


FIG. 11

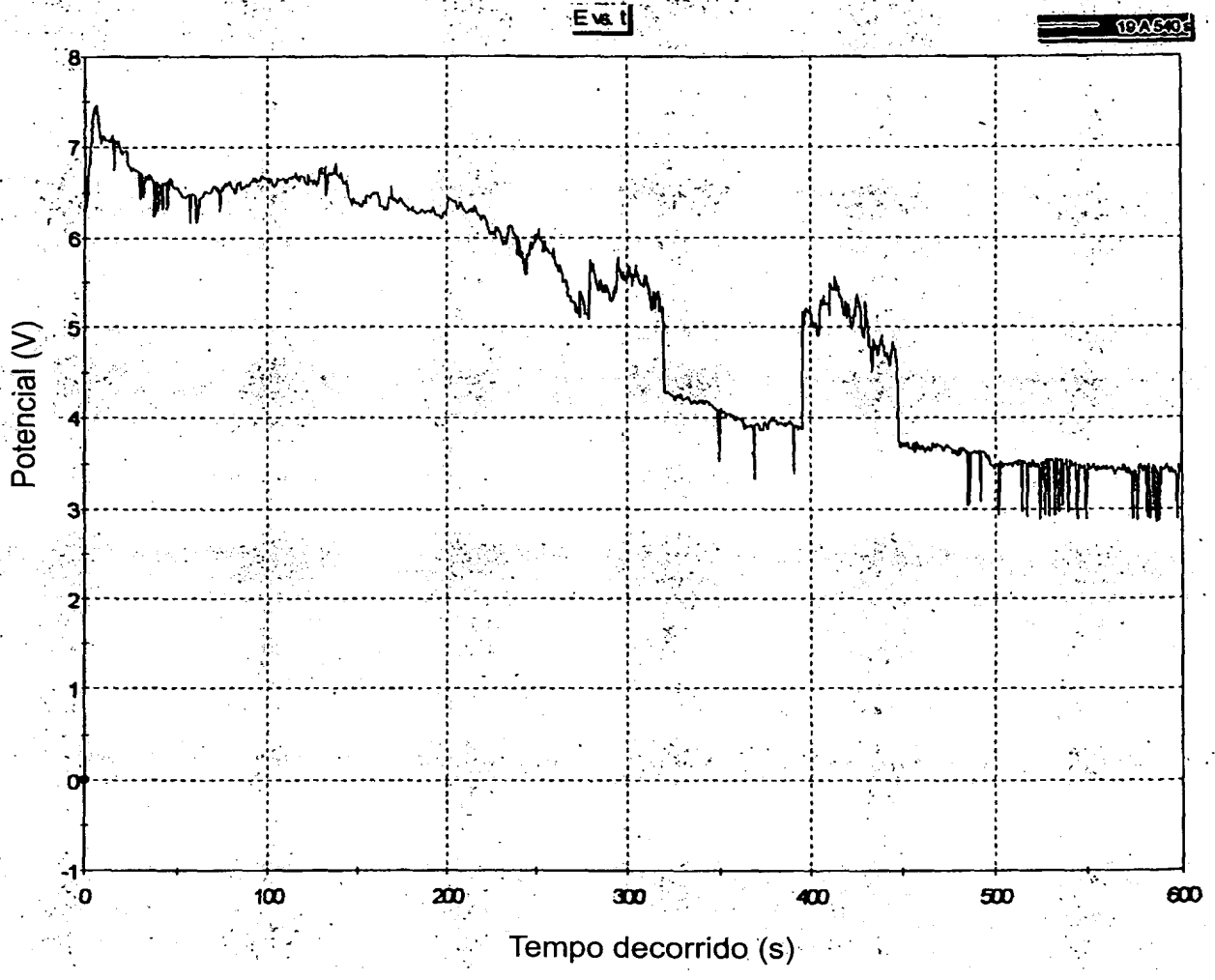


FIG. 12



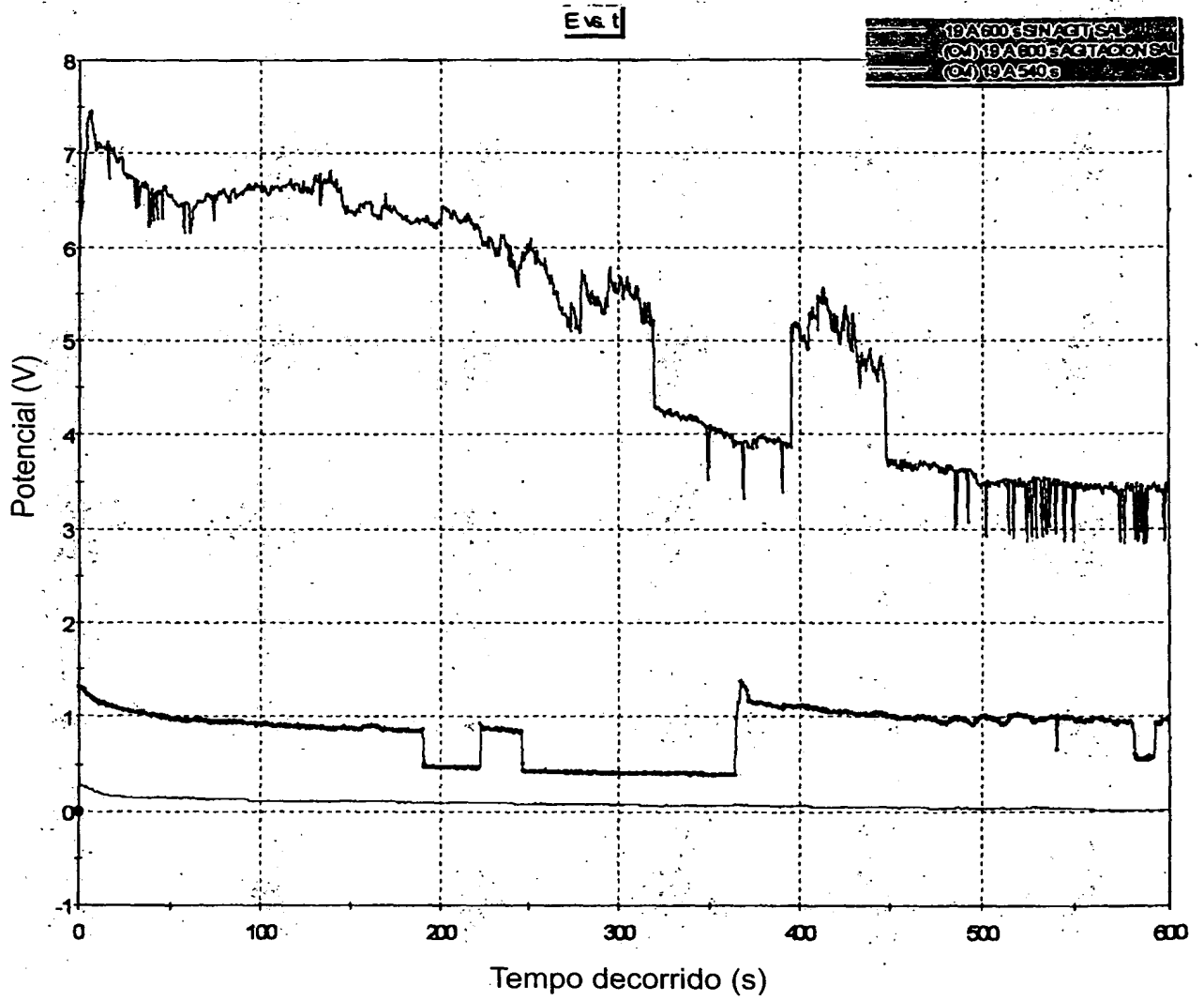


FIG. 13

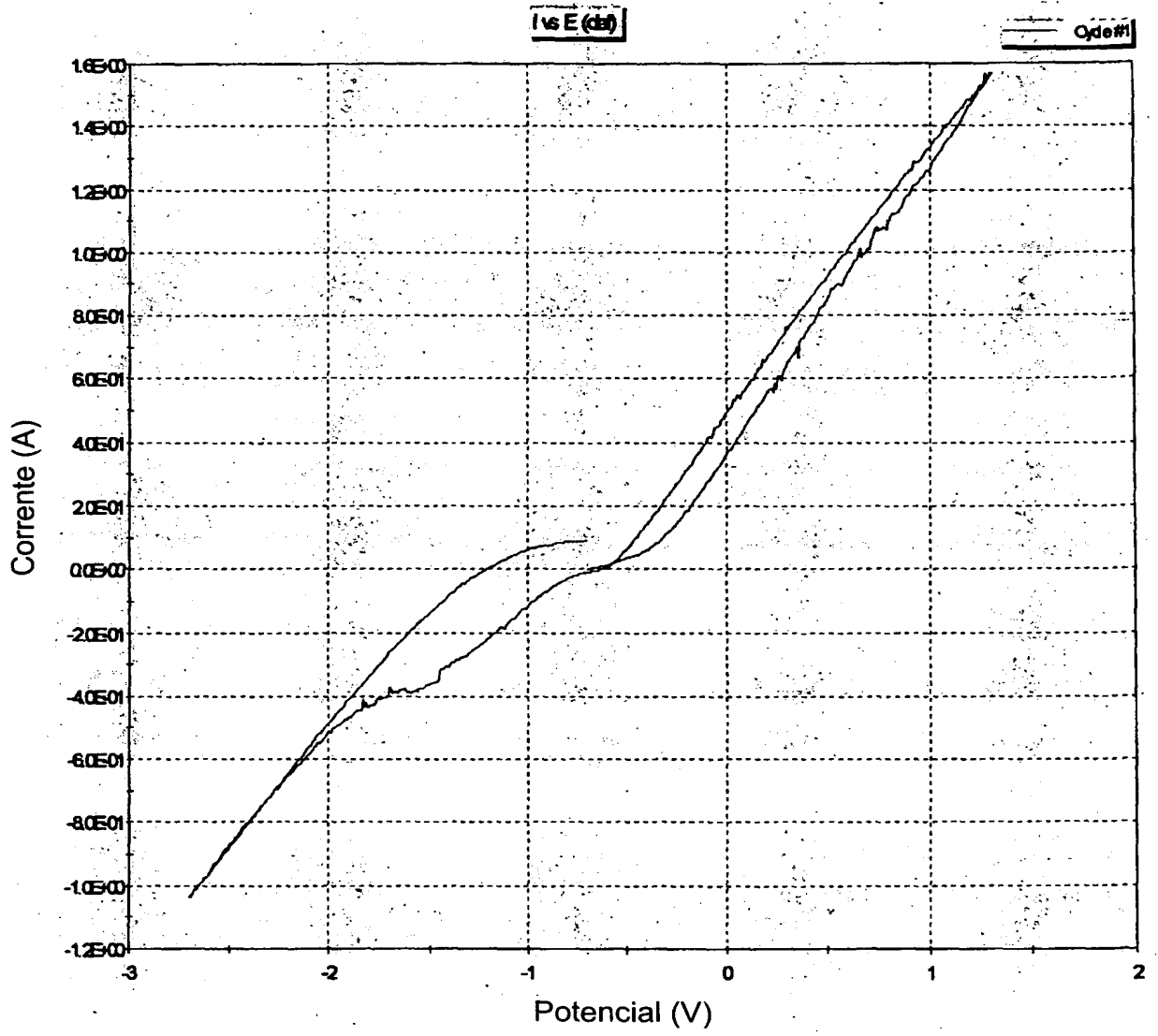


FIG. 14

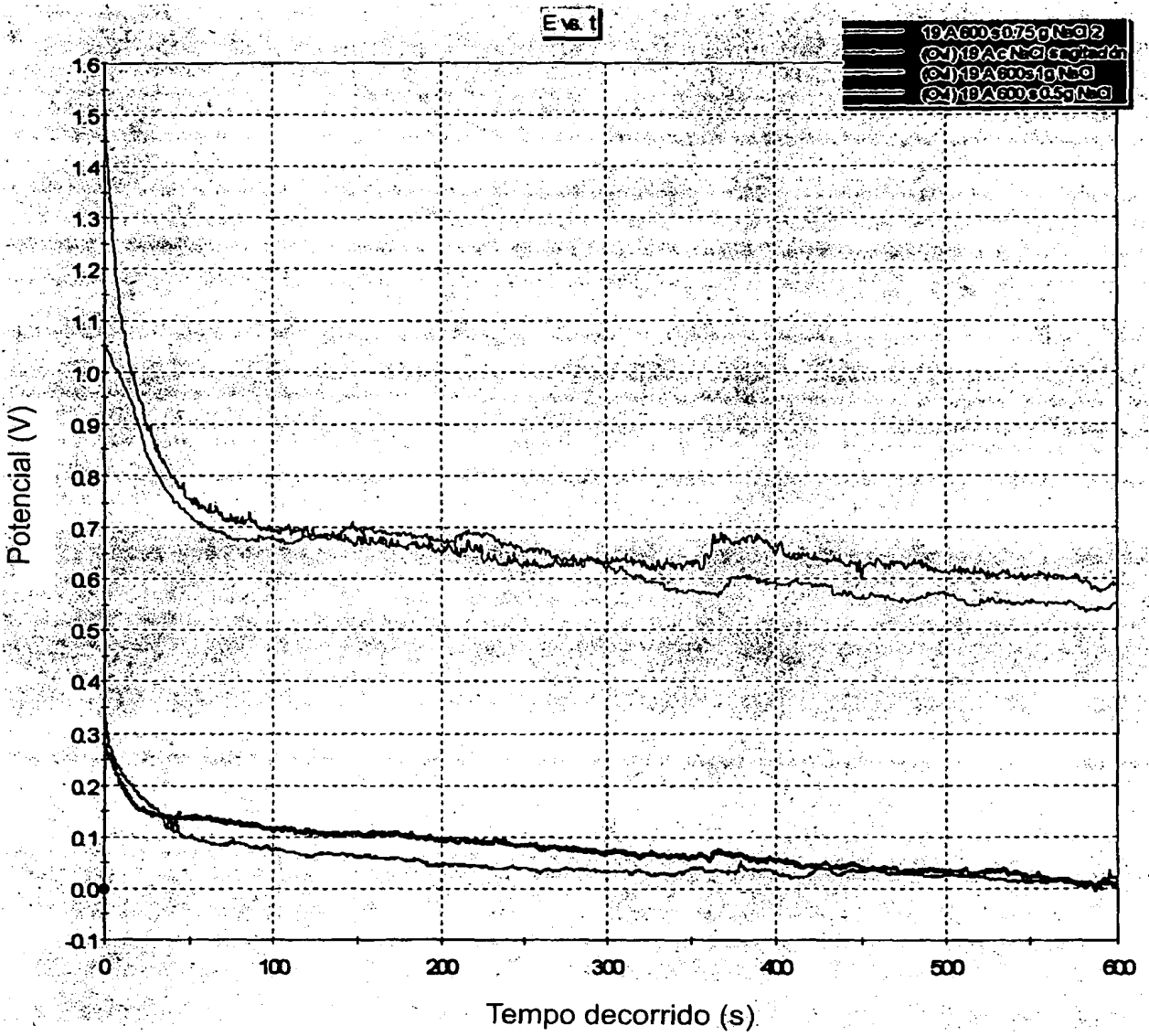


FIG. 15

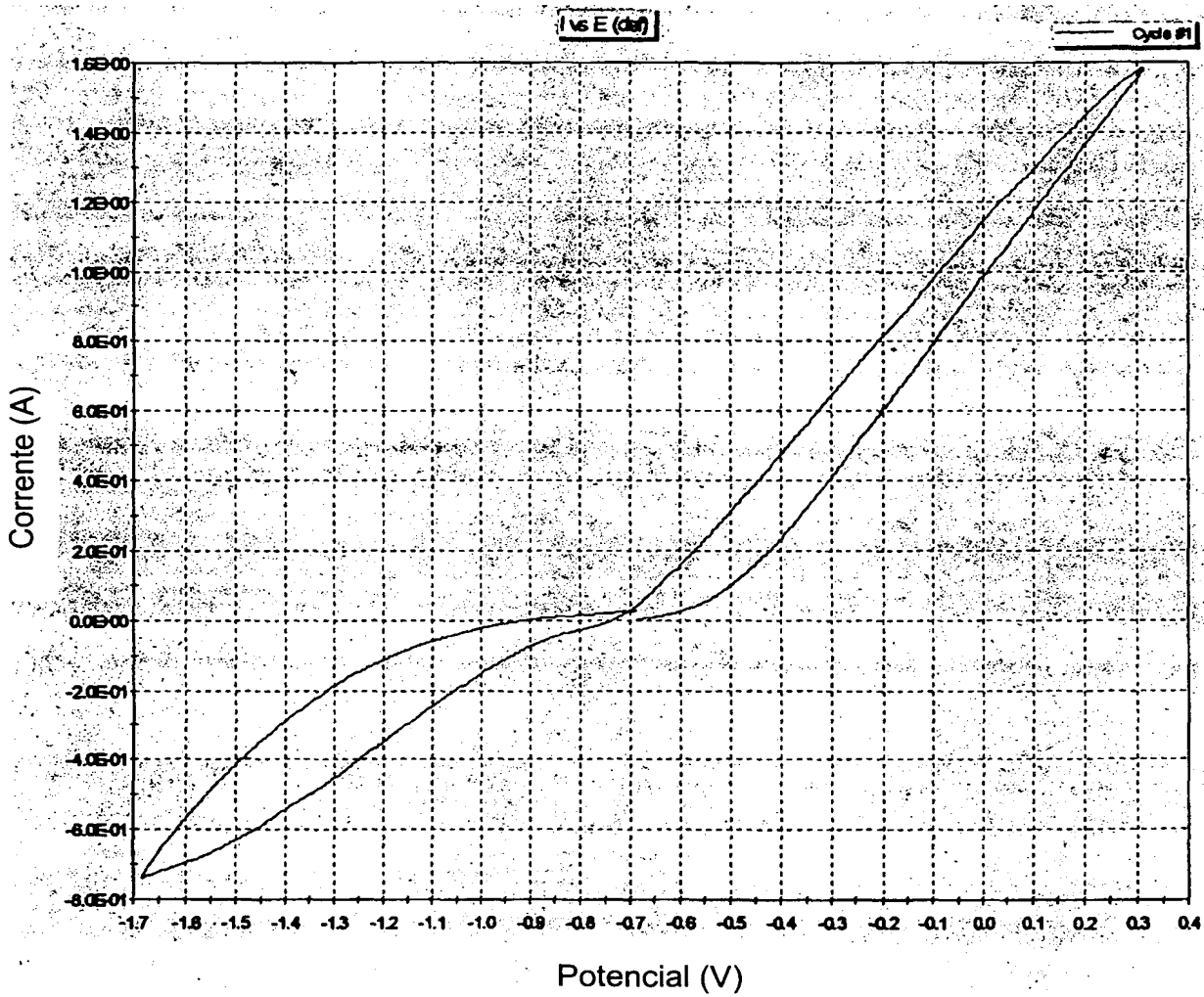


FIG. 16

## RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO E SISTEMA INTEGRAL PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA AS TORRES DE RESFRIAMENTO E PROCESSOS QUE REQUEREM A ELIMINAÇÃO DA SÍLICA DA ÁGUA"**

5           A presente invenção se refere a um sistema de tratamento de água para as torres de resfriamento e outros processos, tais como o rechaço de osmose inversa, regenerações de sistemas de desmineralização na unidade aniônica, águas azuladas das aeronaves e águas residuais, no qual é exigida a redução e/ou a eliminação de contaminantes, tais como a sílica, a  
10   dureza total do cálcio e do magnésio, os sólidos suspensos, a matéria orgânica e os microorganismos, os metais pesados, os detergentes, o arsênico, sendo obtida uma qualidade da água que permite que a mesma seja reutilizada novamente em diferentes processos industriais, gerando economias de água e produtos químicos. O sistema é caracterizado pela passagem da água a ser tratada através de uma célula eletroquímica com placas de alumínio, ferro ou algum outro metal, que, com a aplicação de uma corrente elétrica em uma amperagem que permite uma ótima densidade de corrente para ceder o alumínio que é exigido para formar o hidróxido de alumínio, ferro ou  
15   algum outro metal que, com a reação com os contaminantes presentes na água a ser tratada, forma um lodo que é posteriormente separado da água permitindo a reutilização da mesma por este sistema que, com a integração dos processos de filtração e ozonização, é conseguida uma melhor qualidade da água, para que a mesma possa ser reutilizada em torres de resfriamento, processos industriais, serviços gerais, irrigação de áreas verdes ou em qual-  
20   quer outro uso. A inovação tecnológica na presente invenção é a de eliminar 100% da sílica presente em águas industriais, permitindo que esta água seja reutilizada em diferentes processos devido à qualidade que é conseguida, além de reduzir a concentração dos sais de dureza de cálcio e magnésio, evitando a formação de incrustações e, em sistemas de torres de resfriamento, permitindo aumentar os ciclos de concentração, gerando assim economias de água e produtos químicos, e de reduzir a proliferação microbiológica, o que permitirá à indústria em geral substituir os programas de trata-  
25     
30

mento de águas industriais convencionais por esta nova alternativa tecnológica. As vantagens e benefícios da presente invenção são os de permitir reutilizar e reciclar 100% da água que é tirada das torres de resfriamento, rechaços de osmose inversa, regenerações das unidades aniônicas de sistemas de desmineralização e águas residuais das indústrias, gerando economias com a reutilização da água que é efetivamente tirada, reduzindo a quantidade dos produtos químicos que são necessários e indispensáveis nas torres de resfriamento e em águas residuais, reduzindo o impacto ambiental que é causado quando se deseja água com um teor de contaminantes e produtos químicos que impossibilita sua reutilização, além de permitir eliminar contaminantes presentes na água provenientes de poços que contêm contaminantes, tais como arsênico, cianureto, ferro, manganês e microorganismos, para o uso da água potável.