



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

(21) BR 102013028236-7 A2



(22) Data do Depósito: 01/11/2013

(43) Data da Publicação: 03/11/2015

(RPI 2339)

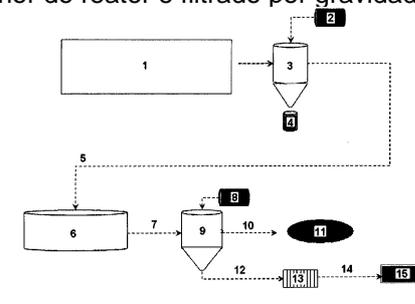
(54) **Título:** USO DA TÉCNICA DE ELETROCOAGULAÇÃO UTILIZANDO ELETRODOS DE ALUMÍNIO OU FERRO PARA REMOÇÃO DE GRAFITE DE EFLUENTE INDUSTRIAL

(51) **Int. Cl.:** C02F 1/463; C02F 101/30

(73) **Titular(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

(72) **Inventor(es):** MATRIA BEATRIZ NUNES DE OLIVEIRA BORSA, CARLOS PÉREZ BERGMANN, ANDÉA DE MOURA BERNARDES

(57) **Resumo:** USO DA TÉCNICA DE ELETROCOAGULAÇÃO UTILIZANDO ELETRODOS DE ALUMÍNIO OU FERRO PARA REMOÇÃO DE GRAFITE DE EFLUENTE INDUSTRIAL. A presente invenção descreve o uso da técnica de eletrocoagulação para remoção de grafite de um efluente industrial através do uso de 1 ou mais pares de eletrodos de alumínio ou ferro conectados a uma fonte de corrente. A dissolução eletroquímica do ânodo produzirá hidróxidos metálicos que atuarão na desestabilização e coagulação da emulsão de óleo em água contendo grafite. Estas espécies neutralizam as cargas eletrostáticas dos sólidos suspensos e gotículas de óleo, facilitando assim a coagulação. As micro bolhas geradas pela evolução de hidrogênio e oxigênio adsorvem-se às espécies coaguladas levando-as para a superfície. Desta forma, o grafite desestabilizado será separado do restante do efluente e após o final do processo, o efluente é retirado pela parte inferior do reator e filtrado por gravidade.



USO DA TÉCNICA DE ELETROCOAGULAÇÃO UTILIZANDO ELETRODOS DE ALUMÍNIO OU FERRO PARA REMOÇÃO DE GRAFITE DE EFLUENTE INDUSTRIAL

Campo da Invenção

5 A presente invenção descreve um processo para remoção de grafite de efluentes industriais utilizando a técnica da eletrocoagulação contendo eletrodos de alumínio ou ferro e que é adequado para uso em indústrias do setor metal-mecânico que utilizem lubrificantes grafíticos nas operações de forjamento ou estampagem.

10

Antecedentes da Invenção

A tecnologia disponível atualmente para tratamento de efluentes industriais contendo lubrificantes grafíticos, permite que apenas uma parte do grafite seja removida através de processos físico-químicos tradicionais, como a quebra ácida da emulsão para posterior envio para co-processamento. A quebra ácida é realizada utilizando um volume muito grande de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) e Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), que podem incorrer em riscos para a saúde. Após a quebra ácida, é realizada uma etapa posterior de neutralização com Hidróxido de Sódio (NaOH) e floculação da matéria ainda em suspensão no efluente utilizando um polímero iônico. Ambos os produtos também podem incorrer em riscos à saúde ocupacional.

15

20

A Figura 1 mostra resumidamente o fluxo do tratamento físico-químico tradicional com suas diversas etapas.

A tecnologia eletroquímica não é utilizada nos tratamentos conhecidos para este tipo de resíduo. A tecnologia da eletrocoagulação é utilizada com bons resultados para a remoção de diferentes contaminante como: corantes, contaminantes orgânicos, óleos emulsionados e metais pesados de efluentes industriais com eficiência muito boa de remoção de cor, DQO, turbidez, concentração de metais pesados, etc. Porém, ainda não se tem notícia do emprego da referida técnica para remoção de grafite de efluentes.

25

30

A invenção trará benefícios como a redução dos riscos de acidentes com os produtos químicos utilizados (Ácido Sulfúrico, Peróxido de Hidrogênio e Hidróxido de Sódio) além da redução de custo, já que os coagulantes serão gerados *in situ* a partir dos eletrodos metálicos. O processo ora proposto
5 também é mais rápido que o tradicional, pois em 1h é possível realizar a quebra da emulsão e separação do grafite, ao contrário do processo de quebra da emulsão tradicional que necessita de 24h de descanso para que o grafite seja parcialmente separado. Ademais, o processo eletroquímico gera menos resíduos sólidos, já que a separação é feita em apenas uma etapa, gerando
10 apenas o lodo contendo grafite e não duas etapas de geração de resíduos sólidos como no processo tradicional.

No estado da técnica, foram localizados alguns documentos relevantes que serão descritos a seguir.

PI0904834-0 A2 – 06/11/2009, “Sistema e método de limpeza para uma célula de eletrocoagulação que permite uma maior remoção de contaminantes e melhora a efetividade no tratamento de águas residuais tanto domiciliárias quanto industriais”. O documento PI0904834-0 A2 trata de um sistema para limpar uma célula de eletrocoagulação existente e o pedido ora proposto consiste em um método para tratamento de um tipo específico de efluente por
15 meio da eletrocoagulação.

PI0900374-6 A2 – 26/03/2009, “Sistema para purificação de água utilizando um eletrodo de TiO₂ nanocristalino para remoção de poluentes orgânicos”. Trata-se de um sistema que utiliza eletrodo cerâmico e contra-eletrodo metálico (platina, cobre ou outro metal) conectados em uma célula solar para purificação de água
20 através de fotocatalise.

BG108640 (A) – 31/10/2005, “Process for the treatment of metallurgical slags”. A finalidade do invento BG108640 (A) é recuperação de metais presentes em escórias geradas em processos pirometalúrgicos utilizando eletrodos de grafite, aço inoxidável, cobre ou titânio.

US6,554,977– 29/04/2003, “Electrolytic wastewater treatment apparatus”. O invento US6,554,977 é um sistema de remoção de contaminantes orgânicos
30

e/ou outros materiais oxidáveis presentes em um efluente de forma a reduzir sua DQO utilizando eletrodos de aço inoxidável. São utilizados *chips* também de aço inoxidável para melhorar a vida útil do ânodo. Estes fazem contato elétrico com o ânodo, porém não com o cátodo, devido ao fato de estarem isolados
5 eletricamente por uma barreira não condutora permeável a líquidos.

US6,045,707– 04/04/2000, ‘Electrochemical peroxidation of contaminated liquids and slurries’. O invento US6,045,707 utiliza a adição do peróxido de hidrogênio aquecido em uma célula eletroquímica com eletrodos de sacrifício de ferro de forma a retirar uma grande variedade de contaminantes de um efluente
10 industrial, como por exemplo, compostos orgânicos aromáticos, não-aromáticos, clorados, etc. É observada uma redução na DQO, na DBO, além da redução da cor e presença de microorganismos.

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

Sumário da Invenção

A presente invenção descreve o uso de técnicas eletroquímicas para quebra de emulsão de óleo em água e conseqüente remoção do grafite contido
20 na mesma através da coagulação *in situ* proporcionada por íons de alumínio ou ferro e pela flotação proporcionada pela evolução dos gases hidrogênio e oxigênio no ânodo e cátodo respectivamente.

Destacamos como vantagens da presente invenção, o reaproveitamento de grafite, tempo de processo reduzido, ausência de produtos químicos no
25 processo, tratamento simples do efluente residual e baixo nível de Ferro e Zinco no efluente.

É um objeto da presente invenção a utilização da técnica de eletrocoagulação para tratamento de efluentes de lubrificantes contendo grafite.

É um objeto da presente invenção o uso de técnicas eletroquímicas para
30 a coagulação *in situ* proporcionada por íons de alumínio ou ferro e pela flotação

proporcionada pela evolução dos gases hidrogênio e oxigênio no ânodo e cátodo respectivamente.

Em uma realização preferencial para o uso das técnicas eletroquímicas utilizam-se os seguintes materiais:

- 5 1. Chapas de Alumínio ou Ferro (eletrodos)
2. Recipiente de Vidro ou Polímero (cuba eletrolítica)
3. Fonte de Corrente/Tensão
4. Eletrólito de suporte – NaCl
5. Agitador magnético

10 **Breve Descrição das Figuras**

Figura 1 – Etapas do tratamento físico-químico tradicional

- 1) Processo gerador do efluente contendo grafite
- 2) Adição de Ácido Sulfúrico 98% e Peróxido de Hidrogênio 50% 200 vol
- 3) Quebra da emulsão
- 15 4) Grafite para co-processamento
- 5) Efluente após quebra e 24h de repouso
- 6) Homogeneização
- 7) Efluente com pH ácido
- 8) Adição de polímero iônico e Hidróxido de Sódio 50%
- 20 9) Decantação
- 10) Efluente tratado
- 11) Lagoa de aeração
- 12) Lodo úmido
- 13) Filtro prensa
- 25 14) Lodo desidratado
- 15) ARIP

Figura 2 – Montagem do sistema composto por:

- 1) Fonte de tensão/corrente
- 2) Agitador magnético
- 30 3) Barra magnética
- 4) Eletrodos

5) Reator

Figura 3 – Desenho esquemático do efluente no início do processo

Figura 4 – Desenho esquemático das duas fases separadas ao final do processo

- 5 1) Lodo flotado contendo grafite
 2) Efluente sem grafite

Figura 5 – Redução de DQO observada para diferentes concentrações de NaCl (distância entre eletrodos: 2cm)

10 **Figura 6** – Redução do nível de Ferro presente no efluente em diferentes concentrações de NaCl (distância entre eletrodos: 2cm)

Figura 7 - Redução do nível de Zinco presente no efluente em diferentes concentrações de NaCl (distância entre eletrodos: 2cm)

Descrição Detalhada da Invenção

15 O presente invento consiste no uso de técnicas eletroquímicas para quebra de emulsão de óleo em água e consequente remoção do grafite contido na mesma através da coagulação in situ proporcionada por íons de Alumínio ou Ferro e pela flotação proporcionada pela evolução dos gases hidrogênio e oxigênio no ânodo e cátodo respectivamente.

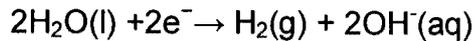
20 Para a aplicação das técnicas eletroquímicas são utilizados os seguintes materiais:

1. Chapas de Alumínio ou Ferro (eletrodos)
 2. Recipiente de Vidro ou Polímero (cuba eletrolítica)
 3. Fonte de Corrente/Tensão
 4. Eletrólito de suporte – NaCl
25 5. Agitador magnético

Métodos:

30 Após ter sido efetuada a montagem do sistema, é adicionado o NaCl como eletrodo de suporte, que tem a função de aumentar a condutividade do meio e ajudar no transporte das cargas entre os eletrodos, então a fonte é ligada, ocorrendo as seguintes reações eletroquímicas:

- a) Cátodo:



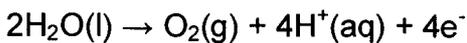
b) Ânodo:



Ou



Além de



O resultado das reações acima é a remoção de metais, colóides, partículas em suspensão além de poluentes inorgânicos do meio aquoso devido à introdução de espécies poliméricas dos respectivos hidróxidos metálicos altamente carregados. Estas espécies neutralizam as cargas eletrostáticas dos sólidos suspensos e gotículas de óleo, facilitando assim a coagulação. As micro bolhas geradas pela evolução de hidrogênio e oxigênio adsorvem-se às espécies coaguladas levando-as para a superfície.

15 O tempo para que ocorra a quebra da emulsão e remoção do grafite da solução é dependente diretamente da distância entre os eletrodos e quantidade dos mesmos no sistema. Tanto mais perto estejam e quanto mais eletrodos estiverem presentes, mais eficiente será o processo.

O aspecto inicial do efluente é o da Figura 3 e ao final do processo é possível ver duas fases, uma clarificada embaixo e outra contendo o grafite na parte superior, Figura 4.

Após o final do processo, o efluente é retirado pela parte inferior do reator e filtrado por gravidade.

25 Com relação aos parâmetros ambientais analisados, observa-se uma redução bastante significativa da Demanda Química de Oxigênio (DQO), Ferro e Zinco conforme mostram as figuras 5, 6 e 7 respectivamente.

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

Reivindicações

1. USO DA TÉCNICA DE ELETROCOAGULAÇÃO UTILIZANDO ELETRODOS DE ALUMÍNIO OU FERRO PARA REMOÇÃO DE GRAFITE DE EFLUENTE INDUSTRIAL, **caracterizado por** ocorrer num reator com uma abertura na parte inferior contendo 1 ou mais
- 5 pares de eletrodos de alumínio ou ferro ligados a uma fonte de corrente, onde é adicionado NaCl, como eletrólito de suporte, de modo a aumentar a condutividade do efluente.
2. USO DA TÉCNICA DE ELETROCOAGULAÇÃO de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** técnica utilizar os seguintes materiais:
- 10 i. chapas de Alumínio ou Ferro (eletrodos);
ii. recipiente de Vidro ou Polímero (cuba eletrolítica);
iii. fonte de Corrente/Tensão;
iv. eletrólito de suporte – NaCl;
v. agitador magnético.
- 15 3. USO DA TÉCNICA DE ELETROCOAGULAÇÃO de acordo com as reivindicações 1 e 2, **caracterizado por** apresentar um tratamento simples do efluente residual com baixo nível de ferro e zinco.

Figuras

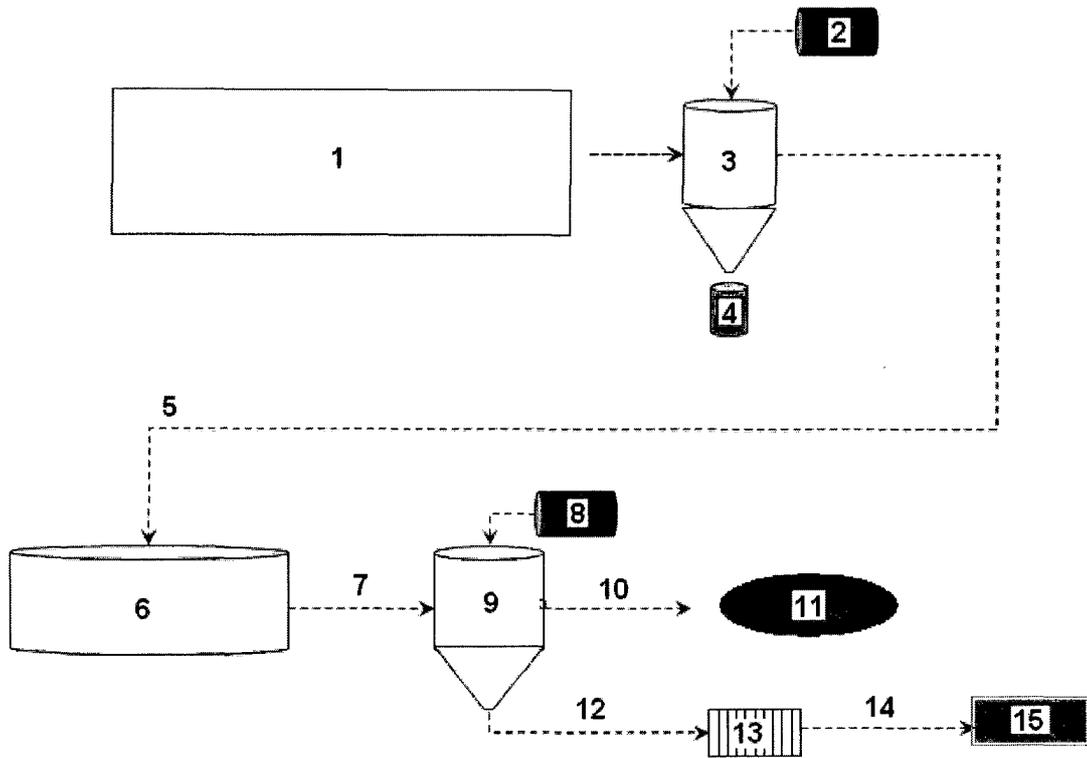


Figura 1

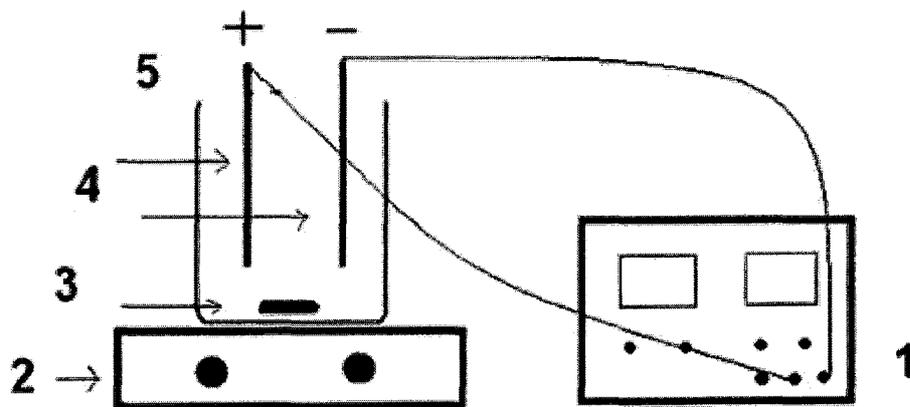


Figura 2

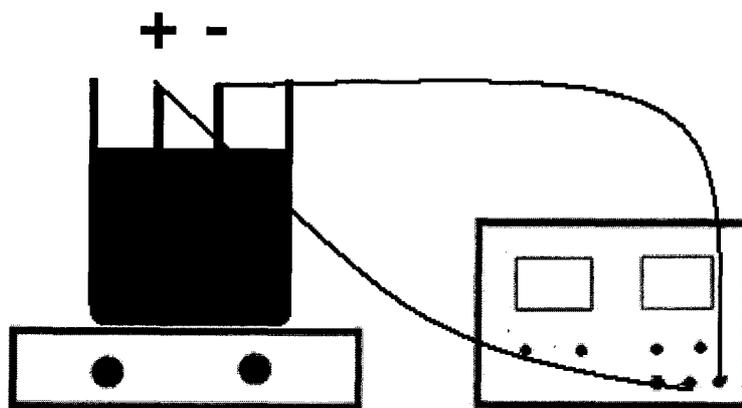


Figura 3

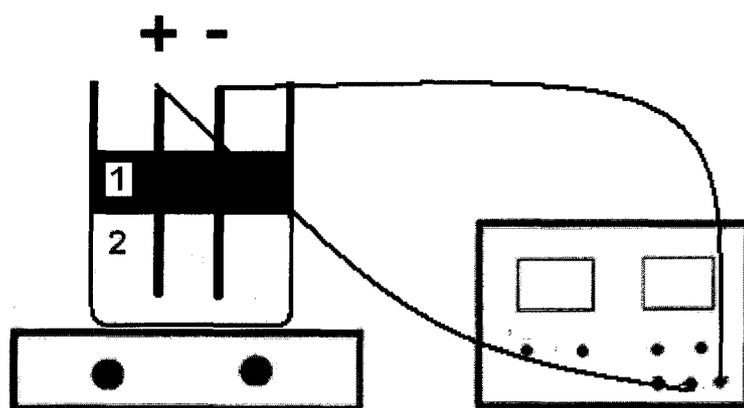


Figura 4

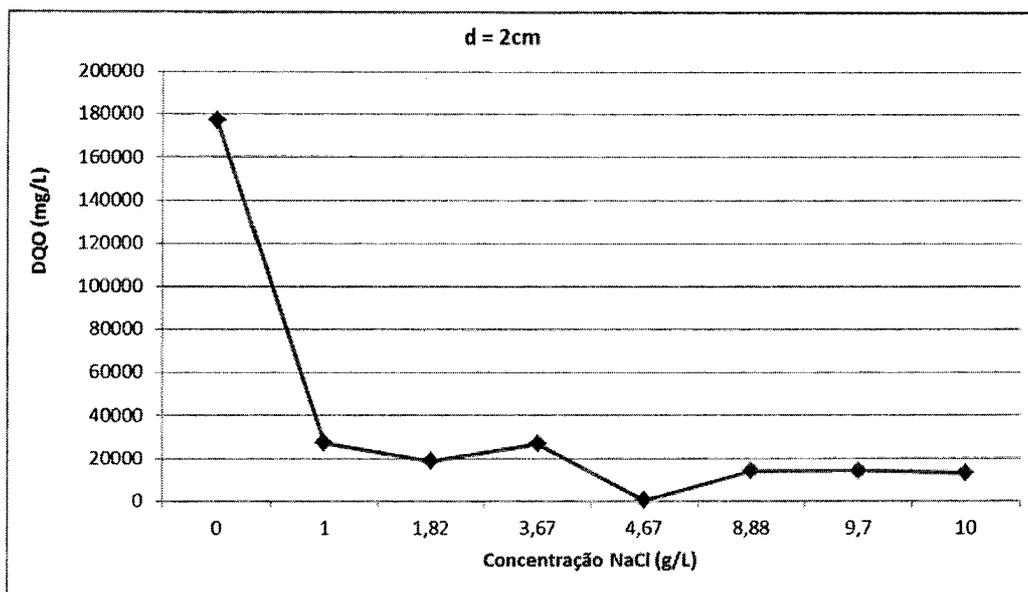


Figura 5

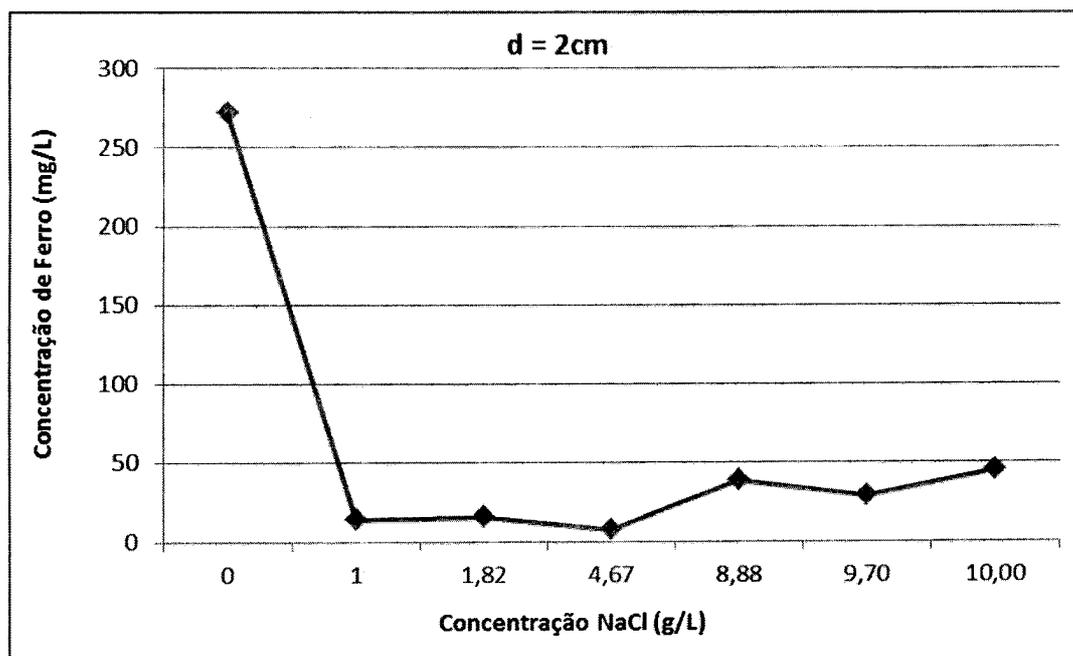


Figura 6

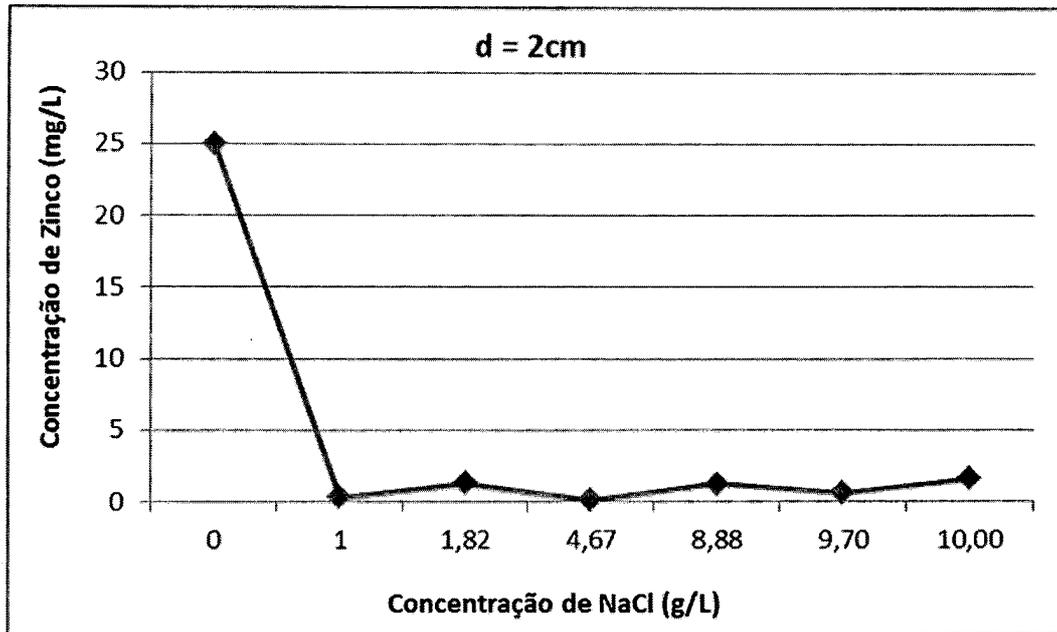


Figura 7

Resumo**USO DA TÉCNICA DE ELETROCOAGULAÇÃO UTILIZANDO ELETRODOS DE
ALUMÍNIO OU FERRO PARA REMOÇÃO DE GRAFITE DE EFLUENTE
INDUSTRIAL**

5 A presente invenção descreve o uso da técnica de eletrocoagulação
para remoção de grafite de um efluente industrial através do uso de 1 ou mais
pares de eletrodos de alumínio ou ferro conectados a uma fonte de corrente. A
dissolução eletroquímica do ânodo produzirá hidróxidos metálicos que atuarão
na desestabilização e coagulação da emulsão de óleo em água contendo
10 grafite. Estas espécies neutralizam as cargas eletrostáticas dos sólidos
suspensos e gotículas de óleo, facilitando assim a coagulação. As micro bolhas
geradas pela evolução de hidrogênio e oxigênio adsorvem-se às espécies
coaguladas levando-as para a superfície. Desta forma, o grafite desestabilizado
será separado do restante do efluente e após o final do processo, o efluente é
15 retirado pela parte inferior do reator e filtrado por gravidade.