



## II-319 - TRATAMENTO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS POR ELETRO-COAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO (ECF)

**Izabela Major Barbosa<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP). Mestranda em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

**Francisco Javier Cuba Teran**

Doutor em Hidráulica e Saneamento, professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente.

**Angela Cristina Gomes**

Graduanda do Curso Superior em Tecnologia em Produção Sucroalcooleira pela Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Dr. Quirino, 697 - Centro - Campinas - SP - CEP: 13015-081 - Brasil - Tel: (19) 8837-1872 - e-mail: [izamajor@yahoo.com.br](mailto:izamajor@yahoo.com.br)

### RESUMO

Os efluentes gerados durante o processo de reciclagem de plásticos são originados das etapas de lavagem dos plásticos e podem conter diversas substâncias prejudiciais ao corpo d'água receptor. Sendo a Eletro-Coagulação-Flotação (ECF) uma tecnologia promissora para o tratamento de despejos industriais, o presente estudo traz os resultados do tratamento por ECF, em escala piloto, para efluente de uma indústria recicladora de plásticos pós-consumo no município de Presidente Prudente/SP. O tratamento por eletrólise baseia-se na produção *in situ* de coagulante através de reações químicas causadas pela passagem de corrente elétrica por eletrodos de alumínio seguida da formação de flocos, os quais se separam da fase líquida por flotação devido à formação de microbolhas de hidrogênio, geradas com a eletrólise da água. Com este processo foi possível observar a remoção de nitrogênio amoniacal por arraste (*stripping*), com eficiência de até 80%, e a desinfecção decorrente, provavelmente, da adição de Cloreto de Sódio ao sistema para proporcionar aumento na condutividade. A eficiência do tratamento foi verificada através da comparação das características iniciais dos despejos a serem tratados e dos efluentes após o tratamento por ECF, atingindo remoção de DQO de até 80% de eficiência. A turbidez obteve eficiência de remoção de até 99,85%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reciclagem, Eletrólise, *Stripping*, Desinfecção.

### INTRODUÇÃO

Uma alternativa para lidar com o problema de descarte de resíduos plásticos é fazer com que estes retornem ao mercado através da reciclagem. Atualmente, o Brasil ocupa o 4º lugar na reciclagem mecânica do plástico, ficando atrás apenas da Alemanha, Áustria e EUA (CEMPRE, 2008).

As etapas que constituem a reciclagem mecânica de resíduos pós-consumo são: triagem, moagem, lavagem, secagem, extrusão e granulação. O objetivo da lavagem é separar os plásticos de outros materiais que facilmente se fixam a eles, como areia, papéis, outros plásticos, terra e matéria-orgânica. O meio aquoso funciona ainda como separador por densidade, tendo em vista que algumas impurezas são solúveis em água, sendo algumas mais densas ou “pesadas” e outras menos densas ou “leves”. Pela grande potencialidade de contaminar o solo e os recursos hídricos, o tratamento do efluente gerado em indústrias de reciclagem de plásticos tem por objetivo torná-lo apto para ser reutilizado no processo produtivo e/ou disposto, adequadamente, sem causar impactos ao meio ambiente.

Os poluentes mais comuns nos efluentes de reciclagem de plásticos são os seguintes: restos de alimentos, gorduras, papel, etiquetas, grampos e sujeira em geral. É possível, que exista na sucata, agentes biológicos patogênicos exigindo o tratamento da água residual de modo a promover a desinfecção.

Os processos tradicionais para tratamento primário de efluentes são chamados de tratamento físico-químico, no qual ocorre adição de produtos químicos responsáveis pela coagulação da matéria poluente em suspensão e posterior decantação. A desvantagem da aplicação de coagulantes formados pelos ânions  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{+}$  é que estes permanecem solúveis após a coagulação, aumentando, na maioria das vezes, a concentração de sólidos



dissolvidos, fato confirmado pelo aumento da condutividade de despejos tratados desta maneira (GIORDANO, 2003, p. 95).

Os coagulantes à base de sulfatos elevam a concentração desses íons no efluente final, podendo alterar a qualidade da água do corpo receptor, pois o excesso de sulfato no leito poderá precipitar os íons cálcio de sedimentos e da água ou participar de processos de oxi-redução, gerando sulfetos em condições anaeróbias. (CRESPILHO, 2004).

Diante da explanação, surge como alternativa para tratar efluentes industriais o uso dos métodos eletroquímicos baseados na oxidação e redução catódica de eletrodos metálicos. Nesse processo, o elétron é o principal reagente, evitando o uso de outros compostos químicos os quais podem ser tóxicos ao meio. A coagulação é obtida pela introdução de íons coagulantes produzidos pelo desgaste do eletrodo, neste caso, o  $Al^{3+}$  (GIORDANO, 2003, p. 122; CRESPILHO, 2004, p. 5).

Aplicando uma tensão entre dois eletrodos, na forma de chapas metálicas de alumínio afastadas entre si, em solução capaz de conduzir corrente elétrica e ligando-os, respectivamente, aos dois pólos de uma fonte de corrente contínua tem-se uma célula eletrolítica. Sendo a chapa ligada ao pólo positivo o ânodo e o cátodo a chapa ligada ao pólo negativo, tem-se um campo elétrico formado entre eles devido à passagem de corrente elétrica. Esse campo elétrico faz com que os íons com carga positiva movimentem-se em direção ao cátodo e os negativos para o ânodo, chegando aos eletrodos eles se neutralizam eletricamente (WIENDL, 1998, p. 24).

O cátion gerado no ânodo hidrolisa-se, formando o agente coagulante que será o responsável pela coagulação de formação das partículas coloidais, ou seja, o hidróxido de alumínio. É de grande interesse, nessa etapa do processo, que a hidrólise resulte em hidróxido de alumínio,  $Al(OH)_3$ , uma vez que esse composto será o maior responsável pela remoção de impurezas do efluente. Com as reações secundárias é possível notar que vários complexos de alumínio podem ser formados. A presença desses complexos em solução aquosa confere uma característica gelatinosa ao meio. Esses complexos são os responsáveis por remover contaminantes, pelo fato de adsorverem-se às partículas, originando coágulos maiores: os flocos (CRESPILHO, 2004, p. 4).

Os flocos formados de hidróxidos metálicos são levados até a superfície por meio da formação e ascensão de bolhas de gases, como o hidrogênio, liberados na hidrólise. Os coágulos formados e flotados formam os resíduos do sistema, ou seja, o lodo gerado no processo, uma espécie de espuma.

Microbolhas de gases são usadas em muitos processos ambientais e industriais para separação de fases líquido-sólido. As bolhas menores são preferidas nas técnicas de tratamento de efluentes em decorrência da elevada área superficial, o que facilita a remoção do material particulado e das partículas em suspensão. Os processos que se utilizam desse sistema para remover os contaminantes fazem da flotação a prioridade em estudos de velocidade e eficiência de remoção. As bolhas geradas durante a ECF são menores, quando comparadas com as bolhas de flotação por ar difuso. A geração de bolhas na ECF ocorre em decorrência da diferença de potencial aplicada, assim, microbolhas de hidrogênio são formadas no cátodo.

Outra vantagem verificada no processo de ECF é a possibilidade de remoção de amônia do efluente por *Stripping* que tem como princípio a remoção física por arraste, ou seja, sem adição de produtos químicos. O nitrogênio amoniacal existente em águas residuárias de lavagem dos plásticos, provavelmente, é oriunda da decomposição, em meio anaeróbio, de proteínas e de outros compostos nitrogenados presentes nos Resíduos Sólidos Urbanos. A remoção da amônia é necessária, pois a presença desta em corpos d'água é tóxica aos peixes, aos microorganismos e à vegetação. (GIORDANO, 2003, p. 102).

Para possibilitar a passagem de corrente elétrica no meio aquoso, autores como Chen (2003, p. 18), Giordano (2003, p. 118), Crespilho (2004, p. 26) e Wiendl (1998, p. 24) sugerem adição de cloreto de sódio ao líquido a ser tratado por eletrólise. Segundo Chen (2003, p. 13), o "Sal de Cozinha" é usualmente empregado para o aumento da condutividade da água residuária a ser tratada. A adição de cloreto de sódio ( $NaCl$ ) levará também à diminuição do consumo de energia devido ao aumento da condutividade, além disso, o cloro gerado eletroquimicamente é eficiente na desinfecção do efluente tratado. Estudos realizados com tratamento por eletrólise de efluentes de indústrias alimentícias comprovam a desinfecção dos despejos. Esta redução de microorganismos deve-se à presença de cloretos. (HERNLEM, 2000, p. 2).

Com a adição de cloreto de sódio existe a formação do íon  $Cl^-$  o qual forma compostos capazes de promover redução na população de microorganismos patogênicos. A desinfecção não visa à eliminação total de



microorganismos (esterilização), é uma prática que busca inativar seletivamente espécies de organismos presentes em efluentes. Os mecanismos envolvidos na desinfecção, em geral, baseiam-se na oxidação, com posterior ruptura da parede celular e a difusão do agente desinfetante no interior das células, com conseqüente interferência na atividade celular (DANIEL, 2001, p. 28).

Sendo assim, a ECF pode ampliar as alternativas para tratamento de efluentes oferecendo baixo custo em relação aos processos convencionais, áreas reduzidas de implantação, reduzidos custos com obras, facilidade de operação, alta remoção para diversas substâncias danosas ao meio e ao ser humano e, somada a todas as outras, proporciona desinfecção dos líquidos tratados.

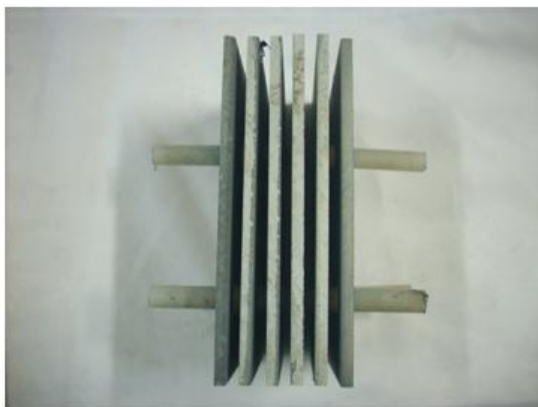
## MATERIAIS E MÉTODOS

Para que a eficiência do tratamento por ECF pudesse ser avaliada, foi necessário construir um sistema composto por:

- Eletrodos de alumínio;
- Reator de Eletro-Coagulação-Flotação (ECF);
- Fonte para alimentação, de corrente contínua;

O conjunto de eletrodos em alumínio com 6 placas planas, com espessura inicial de 5 mm e dimensões de 10 cm x 15 cm, sendo 2 de alimentação (chamados de placas condutoras) e 4 de sacrifício, mantidas em posições paralelas entre si e sem interconexão elétrica, de forma que cada eletrodo tenha polaridade diferente de seus vizinhos. O espaçamento entre os eletrodos foi definido em 5 mm, pois segundo Crespilho (1998, p. 26) essa distância não permite o contato elétrico entre as partes metálicas prevenindo curto-circuito e ainda potencializa a velocidade de ascensão das microbolhas de hidrogênio. A distância entre os eletrodos foi mantida fixando-os em três tubos de PVC. Os eletrodos podem ser observados na figura 1.

A fonte de alimentação de corrente elétrica contínua possui amperagem máxima de 10 A e tensão máxima de 15 V. Seguindo a sugestão de Crespilho (2003, p. 33), a amperagem foi fixada em 4 A e a tensão registrada na fonte de alimentação para esta corrente elétrica foi de 13 V. O reator de ECF em funcionamento e a fonte de alimentação de corrente contínua podem ser observados na figura 2. A cada amostra tratada pelo sistema de ECF, todo o conjunto foi desmontado e higienizado.



**Figura 1: Eletrodos de alumínio**



**Figura 2: Reator em funcionamento e fonte de alimentação**

O funcionamento da indústria de reciclagem de plásticos é ininterrupto com recirculação da água de lavagem. A água utilizada para lavagem dos plásticos é descartada após cerca de 50 horas de uso, desse modo, optou-se por realizar o monitoramento de amostras a cada 10 horas de uso para lavagem de plásticos. Assim as amostras coletadas foram de 10, 20, 30, 40 e 50 horas de funcionamento durante duas semanas.

Por existir um tratamento preliminar para os despejos líquidos da indústria composto por gradeamento, caixa de areia e decantador primário, as amostras coletadas para serem tratadas por ECF foram denominadas como Pré-tratado e após passar pelo reator de ECF, como Tratado.

Sendo a condutividade uma condição necessária para o funcionamento da ECF, após coleta das amostras houve adição de cloreto de sódio às mesmas para elevar a condutividade do meio seguindo as sugestões da



literatura correlata. Após diversos testes, a quantidade adequada de NaCl a ser adicionada às amostras foi definida em 3 gramas de “sal de cozinha” a cada litro de efluente a ser tratado. Esta foi a menor quantidade do sal encontrada para manter a condutividade em cerca de 4 mS/cm, sendo esta condutividade indicada por Crespilho (2004, p. 33) para o tratamento de efluentes por ECF.

Com a condutividade estabelecida em cerca de 4 mS/cm, a corrente elétrica foi de 04 Amperes e a tensão aplicada foi de 13V, conforme o registrado na fonte de alimentação de corrente contínua.

O volume tratado por ECF em cada batelada foi de 4 litros. Este volume foi suficiente para cobrir os eletrodos do sistema e proporcionou facilidade no transporte das amostras. O tempo de retenção, sob passagem de corrente elétrica, foi de 4 a 7 minutos variando de acordo com o tempo de uso da água para lavagem dos plásticos. O período de repouso para a flotação total dos agregados formados durante a ECF foi de, aproximadamente, 1 (uma) hora.

Observou-se, visivelmente, que em amostras tratadas de pH um pouco elevado a eficiência de remoção para turbidez foi maior. Assim, realizou-se monitoramento durante duas semanas. Na primeira semana foi feito o ajuste apenas da condutividade. Na segunda semana, o monitoramento foi feito com ajuste de condutividade e de pH elevando os valores da faixa entre 4 e 7 para a faixa entre 7 e 8.

As amostras foram coletadas, caracterizadas e tratadas, diariamente, durante as semanas de monitoramento. Para observar e avaliar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes por ECF foram observados os seguintes parâmetros:

- Turbidez;
- pH;
- Condutividade;
- DQO;
- Sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis;
- Nitrogênio Amoniacal;
- Potencial de desinfecção.

A turbidez foi avaliada no intuito de reutilizar a água tratada por ECF no processo de reciclagem, pois com este parâmetro foi observada a remoção de cor aparente do tratado. O pH e a condutividade foram utilizados como parâmetro do projeto. A DQO e série de sólidos foram avaliadas para estimar a remoção de matéria orgânica por ECF. Os sólidos totais, fixos e voláteis foram observados para confirmar a remoção de matéria orgânica e formação de hidróxidos durante a ECF. Os índices de nitrogênio amoniacal foram observados para avaliar a hipótese de remoção por *Stripping*. Os métodos utilizados para determinar a Demanda Química de Oxigênio, Série de sólidos e Nitrogênio amoniacal foram baseados no *Standard Methods* (1998).

A avaliação da desinfecção com tratamento por ECF foi feita por meio do cultivo de microorganismos existentes nas amostras em meio nutriente à base de Ágar. A metodologia para o meio nutriente foi adaptada aos produtos existentes no laboratório da FCT/Unesp em que se deu o estudo. Para o uso do meio produzido houve assepsia do mesmo, através de autoclavagem a 120° C durante 15 minutos. Foram preparadas quatro Placas de Petri para cada batelada, sendo duas destinadas à inoculação do líquido antes de passar pelo tratamento por ECF e as outras duas após o tratamento por ECF.

A inoculação dos microorganismos no meio de cultura foi feita com aplicação de 0,5 ml de efluente retirado da indústria e 0,5 ml de efluente tratado por ECF nas devidas Placas de Petri previamente identificadas. O período de incubação foi estabelecido em 24 horas, devido ao horário de funcionamento dos laboratórios, em estufa a 24° C de temperatura para todas as amostras avaliadas. Para avaliar o potencial de desinfecção da ECF, a bancada, o reator e toda a vidraria utilizada, foram lavados com álcool 70%. Todas as inoculações foram realizadas na proximidade do fogo, reduzindo assim, a possibilidade de contaminação das amostras por microorganismos externos ao sistema.

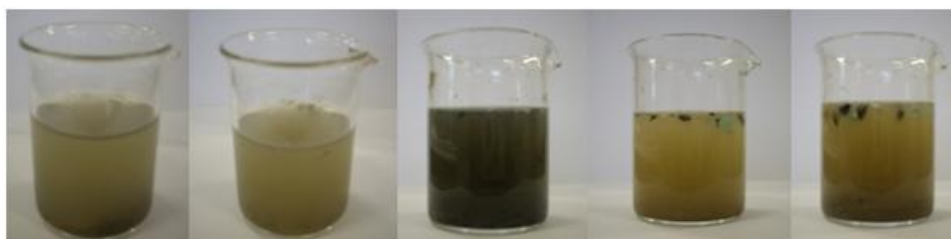


## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resultados da primeira semana de monitoramento (sem ajuste de pH)

#### Aparência

As amostras de efluente coletadas na indústria de reciclagem após períodos 10, 20, 30, 40 e 50 horas de uso para lavagem dos plásticos podem ser visualizadas na figura 3. É válido ressaltar que a amostra correspondente ao tempo de lavagem de 50 horas pode ser considerada com maior índice de poluentes devido ao maior tempo de uso para lavagem dos plásticos.



**Figura 3: Amostras de efluente de 10, 20, 30, 40 e 50 horas de funcionamento da indústria**

As amostras coletadas depois de 10, 20, 30, 40 e 50 horas de funcionamento da indústria foram tratadas por ECF e podem ser visualizadas na figura 4.



**Figura 4: Amostras de 10, 20, 30, 40 e 50 horas tratadas por ECF**

Visualmente é possível identificar que houve remoção de poluentes com o uso de ECF para tratar estes efluentes oriundos da reciclagem de plásticos.

#### Variação da Turbidez

A remoção de matéria orgânica pôde ser identificada através da redução de turbidez. Foi possível verificar reduções significativas para a turbidez após a ECF de até 99,85%, conforme mostra a tabela 1, devido à flotação dos sólidos em suspensão.

**Tabela 1 – Redução de turbidez com uso de ECF**

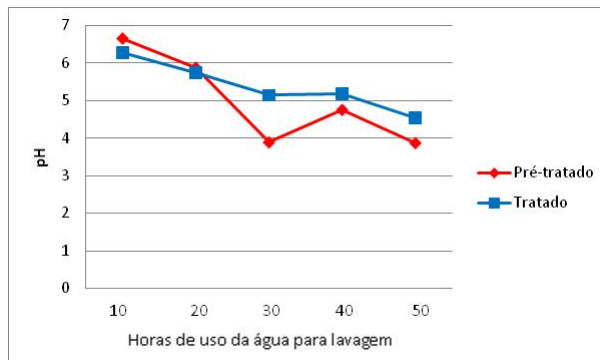
HORAS	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO
10	99,85 %
20	96,748 %
30	95,114 %
40	93,2 %
50	79,7 %

Segundo informações da indústria, a quantidade de sólidos em suspensão existente na água utilizada para a lavagem dos plásticos está diretamente relacionada à coloração que o produto reciclado terá, ou seja, uma água mais turva na lavagem dos plásticos resulta em grânulos mais escuros.



### Variações de pH

O pH é um dos fatores primordiais para que ocorra a ECF, pois relaciona-se com a solubilidade de gases responsáveis pela flotação, assim está diretamente relacionado à eficiência no tratamento. Na figura 5 está o gráfico com os valores de pH verificados nas amostras de 10, 20, 30, 40 e 50 horas de lavagem de plásticos antes e após a ECF.

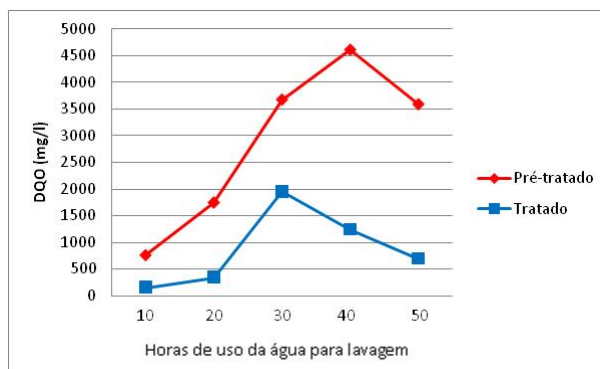


**Figura 5: Gráfico dos valores de pH das amostras antes e após o tratamento por ECF**

De acordo com Crespilho (2004, p. 26) e Chen (2003, p. 18) a ECF possui ainda a vantagem de neutralizar o pH, caso este esteja acima ou abaixo de 7. Para efluentes ácidos a ECF tende a aumentar o pH, o que pode ser confirmado com os valores verificados para pH das amostras tratadas por ECF.

### Variação da Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Através da DQO verificada é possível estimar a quantidade de matéria orgânica existente no efluente e removida com a eletrólise. Na figura 6 é possível observar o gráfico com os valores de DQO verificados nas amostras antes e depois do tratamento por ECF.



**Figura 6: Gráfico dos valores de DQO para amostras antes e após a ECF**

A tabela 2 mostra as eficiências de remoção atingidas com o uso da ECF para as amostras de 10, 20, 30, 40 e 50 horas de uso.

**Tabela 2 - Eficiência de Remoção de DQO com a ECF**

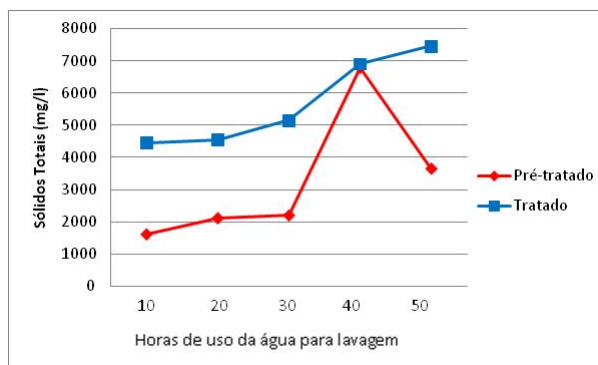
HORAS	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO
10	80,50 %
20	80,48 %
30	46,90 %
40	73,10 %
50	80,75 %

As eficiências de remoção de DQO foram satisfatórias sendo na maioria delas superior a 70%, com exceção do valor correspondente a 30 horas.



### Variação de Sólidos Totais, Sólidos Fixos e Sólidos Voláteis

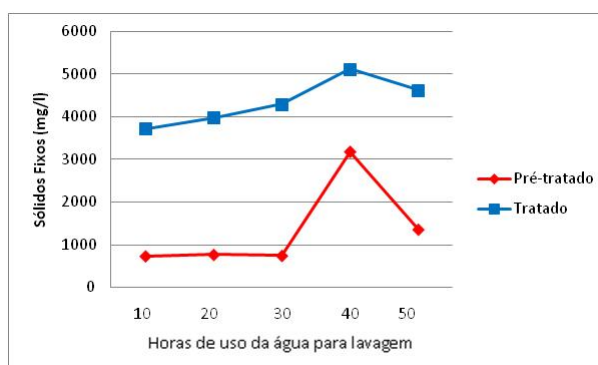
Os valores observados para sólidos dizem respeito apenas à parcela líquida dos efluentes coletados, não sendo neste estudo analisada a espuma gerada pelo sistema. Os sólidos totais abrangem a existência de matéria orgânica e inorgânica nos líquidos analisados, estando estas em suspensão ou dissolvidas. O gráfico para variação dos valores de sólidos totais verificados nas amostras antes e após o tratamento por ECF encontra-se na figura 7.



**Figura 7: Variação de sólidos totais nas amostras antes e após a ECF**

Como é possível observar, houve aumento da concentração de sólidos totais para quase todas as amostras tratadas por ECF. Este fato pode ser atribuído à produção de hidróxidos durante a ECF.

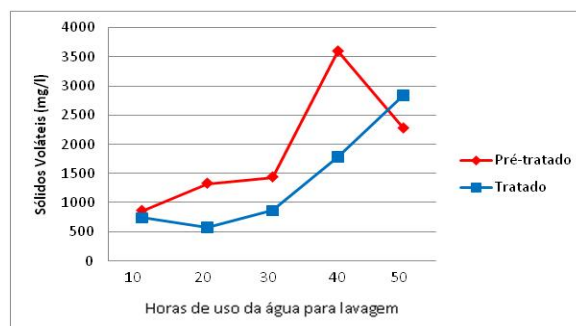
Os sólidos fixos retratam a existência de materiais inorgânicos existentes no meio. A figura 8 mostra as variações de sólidos fixos para as amostras de efluentes industriais e tratadas por ECF.



**Figura 8: Variações verificadas para Sólidos Fixos nas amostras antes e após a ECF**

É possível verificar que houve aumento de sólidos fixos, confirmando, então, o aumento observado para sólidos totais. Acredita-se que este aumento se deva à formação de hidróxido de alumínio durante a ECF.

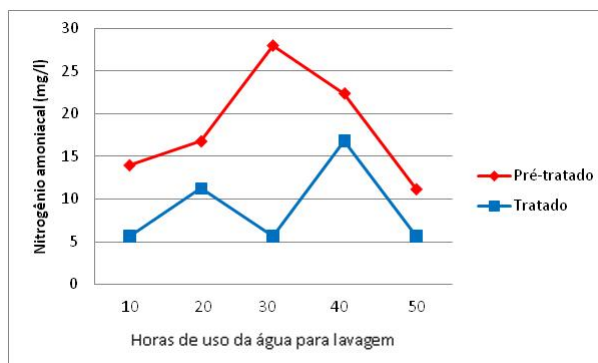
A remoção de matéria orgânica é coerente com os valores encontrados para sólidos voláteis, indicando índices inferiores para as amostras tratadas por ECF, como pode ser observado na figura 9 com o gráfico das variações para sólidos voláteis.



**Figura 9: Variações de Sólidos Voláteis para as amostras antes e após ECF**

### Remoção de Nitrogênio Amoniacal por ECF

Acredita-se que o *Stripping* possa ter favorecido a remoção de nitrogênio amoniacal durante a ECF, sendo viabilizado sem adição de ar, uma vez que o desprendimento do gás hidrogênio forma microbolhas, as quais fariam com que o Nitrogênio amoniacal fosse removido por desprendimento da fase líquida, devido ao seu baixo peso molecular. As variações de nitrogênio amoniacal para as amostras de efluente antes e após a ECF podem ser observadas na figura 10.



**Figura 10: Variações para Nitrogênio Amoniacal nas amostras antes e após a ECF**

Dessa forma, encerra-se a primeira semana de monitoramento das amostras de efluentes gerados após de 10, 20, 30, 40 e 50 horas de lavagem de plásticos e das análises realizadas nas mesmas amostras após o tratamento por Eletro-Coagulação-Flotação.

### Resultados da segunda semana de monitoramento (com ajuste do pH)

Chen (2003, p. 18) afirma ainda, que as melhores remoções de poluentes encontram-se na faixa de pH neutro para eletrodos de alumínio. Os efluentes coletados na indústria de reciclagem de plásticos possuem pH baixo, na faixa entre 3 e 6, dessa forma houve intervenção de modo a elevar o pH com adição de hidróxido de sódio com o intuito de elevar a eficiência do tratamento por ECF.

Os parâmetros avaliados nesta segunda semana de análises com pH elevado foram: pH, Condutividade, DQO, Sólidos Totais, Sólidos Fixos, Sólidos Voláteis, Nitrogênio Amoniacal e desinfecção com uso da ECF. O parâmetro Turbidez não pode ser verificado devido a problemas no equipamento.

As amostras de efluentes foram coletadas após 10, 20, 30, 40 e 50 horas de funcionamento da indústria de reciclagem e podem ser visualizadas na figura 11.



**Figura 11: Amostras de efluentes coletados após 10, 20, 30, 40 e 50 horas de lavagem de plásticos.**

As amostras após o tratamento por ECF, com o pH ajustado por hidróxido de sódio, podem ser observadas na figura 12.



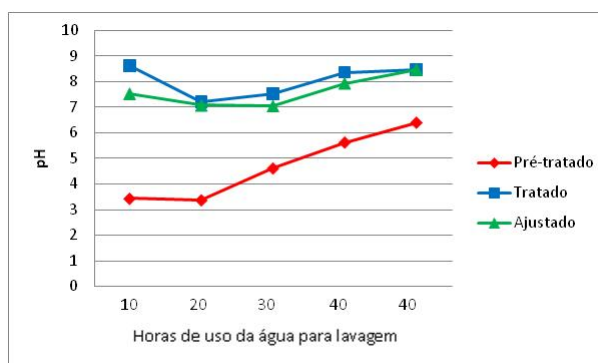
**Figura 12: Amostras de 10, 20, 30, 40 e 50 horas de lavagem de plásticos tratadas por ECF**





### Variação de pH

Os valores de pH das amostras coletadas na indústria, com o pH ajustado e tratadas, podem ser observados no gráfico da figura 13.

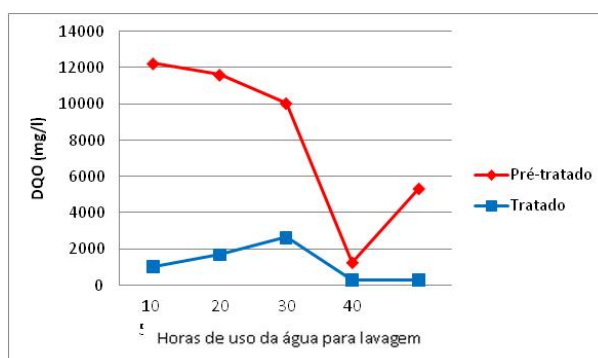


**Figura 13: Variações de pH para as amostras sem adição de NaOH, com adição de NaOH e após a ECF**

Ao analisar o gráfico acima é possível notar que mesmo após o ajuste de pH houve um discreto aumento no pH das amostras após tratamento com eletrólise além do valor ajustado.

### Variação da Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO foi também observada para as amostras com pH ajustado. Os valores referentes à DQO para a segunda semana de monitoramento podem ser verificados no gráfico da figura 14.

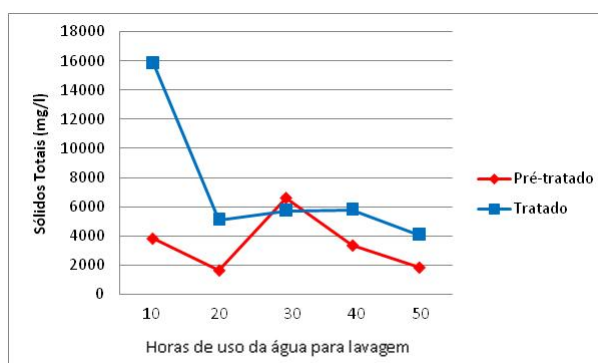


**Figura 14: Variações verificadas para DQO nas amostras antes e após a ECF**

É possível notar que houve redução na DQO após a ECF.

### Variação dos Sólidos Totais, Sólidos Fixos e Sólidos Voláteis

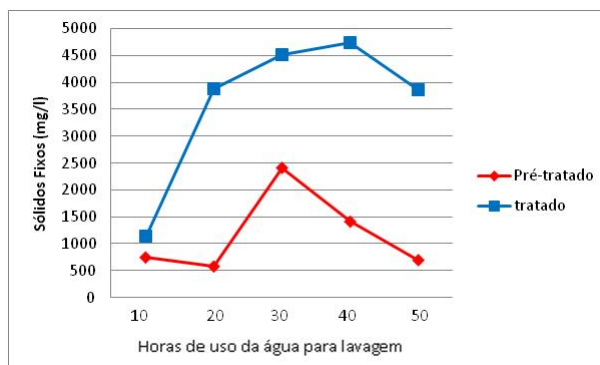
As amostras de sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis foram analisadas antes do ajuste do pH e após a ECF com o pH ajustado. O gráfico para Sólidos Totais pode ser observado na figura 15.



**Figura 15 - Variações verificadas para Sólidos Totais nas amostras antes e após a ECF**

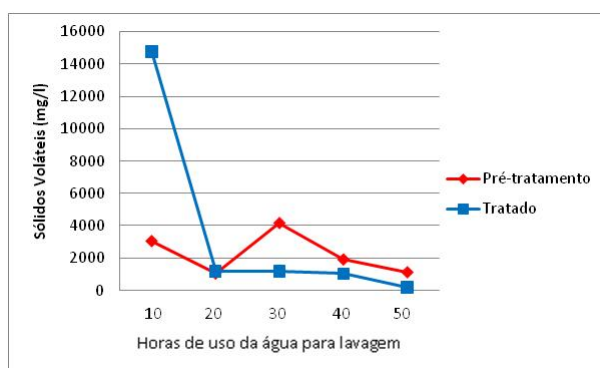
É possível notar aumento de sólidos totais após o tratamento por ECF, que conforme discutido anteriormente, deve-se à formação de hidróxidos de alumínio.

A análise de sólidos fixos confirma a possível geração de hidróxidos metálicos com o aumento dos valores verificados em todas as amostras tratadas por ECF. O gráfico apresentado na figura 16 apresenta os valores de sólidos fixos para as amostras coletadas na indústria e após a ECF.



**Figura 16 - Variações para Sólidos Fixos nas amostras antes e após a ECF**

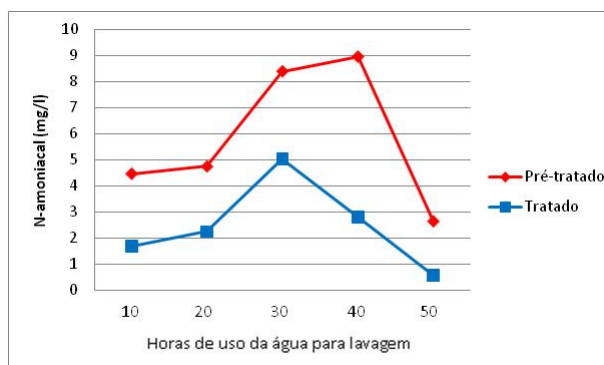
Com a análise de sólidos voláteis, foi possível verificar redução para as amostras após o tratamento por ECF, conforme pode ser observado no gráfico existente na figura 17.



**Figura 17: Variações para Sólidos Voláteis nas amostras antes e após a ECF**

#### Remoção de Nitrogênio Amoniacal por ECF

A remoção de nitrogênio amoniacal foi também verificada para as amostras com o pH ajustado. A remoção observada para estas amostras foi satisfatória e os valores para nitrogênio amoniacal encontram-se no gráfico apresentado na figura 18.



**Figura 18: Variações para Nitrogênio Amoniacal nas amostras antes e após a ECF**



Na tabela 4 é possível observar os valores da eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal para as amostras tratadas por ECF.

**Tabela 4: Eficiência de Remoção de nitrogênio amoniacal**

HORAS	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO
10	63 %
20	53 %
30	40 %
40	69 %
50	79 %

#### Desinfecção com uso da ECF

A adição de cloreto de sódio empregada para elevar a condutividade da água residuária a ser tratada, contribuindo ionicamente, pôde ainda resultar em formação de compostos com cloro capazes de promover desinfecção dos líquidos tratados.

Observando visualmente as placas com cultivo de microorganismos é possível verificar a desinfecção pelo processo de ECF para tratamento de água de lavagem de indústria de reciclagem de plásticos. As placas podem ser visualizadas nas figuras 19, 20, 21 e 22.



**Figura 19: Cultivo de microorganismos de 10 horas de lavagem, antes e depois da ECF**



**Figura 20: Cultivo de microorganismos de 20 horas de lavagem, antes e depois da ECF**



**Figura 21: Cultivo de microorganismos de 30 horas de lavagem, antes e depois da ECF**



**Figura 22: Cultivo de microorganismos de 40 horas de lavagem, antes e depois da ECF**

Como foi possível observar houve redução na proliferação de microorganismos em amostras tratadas por ECF. Embora tenha sido notado desenvolvimento de colônias de bactérias e alguns fungos nas placas com amostras tratadas por ECF a redução da proliferação destes microorganismos foi comprovada.

A persistência de alguns microorganismos pode ser decorrente da presença de microorganismos em maior quantidade e/ou da presença de sólidos no efluente, o que pode interferir no processo de desinfecção; pois, segundo Gonçalves (2003, p. 10) estes podem proteger os microorganismos da ação.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados alcançados neste trabalho, e considerando as limitações encontradas no mesmo, verifica-se que:

- Após observar e discutir os parâmetros analisados conclui-se que o gradeamento, a desarenação e a decantação primária existentes na indústria em apreciação não são suficientes para tratar os resíduos líquidos, sendo necessário um tratamento adicional.
- Fica, então, comprovada a remoção de matéria orgânica e redução de turbidez da primeira semana, com alta eficiência por meio do processo de ECF.
- A remoção de amônia pôde ser confirmada com eficiência de remoção de até 79%.
- Pôde ser verificado visualmente que houve redução da formação de colônia de bactérias nas amostras coletadas depois de 10 e 20 horas de uso da água.
- Nas amostras coletadas de 30 e 40 horas de uso da água a redução da proliferação de colônias de bactérias foi menor e pôde-se observar a presença de fungos.
- O aumento do pH na segunda semana não trouxe maiores vantagens ao desempenho do sistema.

Dessa forma, o tratamento por Eletro-Coagulação-Flotação mostra-se extremamente eficiente para a remoção de matéria orgânica possibilitando o reuso dos líquidos tratados no processo industrial sem danos à produção e resultando em economia da água consumida atribuindo sustentabilidade ao empreendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CEMPRES – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/fichas\\_tecnicas.](http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.)>. Consultado em 18/10/2008.
2. CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. Elsevier. Hon Cong, China, p. 11 – 41, Out. 2003.
3. CRISPILHO, F. N; REZENDE. M. O.O. Eletroflotação: Princípios e Aplicações. São Carlos: RIMA. 2004.
4. DANIEL, L. A. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Rio de Janeiro: Rima, 2001.
5. GIORDANO, G. Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. 2003. 257f. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais e Metalurgia) - Universidade Católica do Rio de Janeiro.
6. GONÇALVES, R. F. Desinfecção de efluentes sanitários. Rio de Janeiro: Rima, 2003. 438 p.
7. HERNLE, B. J. e TSAI, L. S. Chlorine generation and disinfection by eletroflotation. Journal of food science. Vol 65, n. 5, p. 834 – 837, 2000.



8. WIENDL, W. G. Processo eletrolítico no tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES. 1998. 368 p.