

# **USO DO PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO/FLOTAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE PÓS-TINGIMENTO DE UMA INDÚSTRIA DE REDES**

J. P. RIBEIRO<sup>1</sup>, J.E.C. ALEXANDRE<sup>1</sup>, E.F.A. NETO<sup>1</sup>, T.C. PARENTE<sup>2</sup>, J.E.C. ALEXANDRE<sup>1</sup>, G.R.SILVA<sup>3</sup>, J.C. SILVA<sup>3</sup>, R.F. NASCIMENTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará, Departamento de Química Analítica e Físico- Química

<sup>3</sup> Instituto Federal de educação - Campus de Caucaia , Curso de técnico em Petroquímica

E-mail para contato: jeffersonufc7@gmail.com

## **RESUMO**

A indústria têxtil necessita de intenso consumo de água e produtos químicos, produzindo grandes quantidades de efluentes. As tecnologias de tratamento convencionais apresentam baixa eficiência de remoção de corantes. O presente trabalho visa avaliar a eficiência do processo de eletrocoagulação/ flotação com eletrodo de alumínio no tratamento de efluente de pós-tingimento de uma indústria de redes usando eletrodo de alumínio, com objetivo de reutilizá-lo no processo produtivo. Os experimentos foram realizados num reator cilíndrico de 2,8 L, operando em batelada com TDH de 70 minutos. Realizou-se um estudo onde foram monitorados: turbidez, temperatura, pH, condutividade, DQO e absorbância no UV-visível. Os resultados obtidos mostraram reduções médias acima de 70% para DQO e 80 % para remoção de cor que foi comprovado pelo decaimento da absorbância na faixa do UV-vis, mostrando que a tecnologia proposta tem grande potencialidade para o tratamento de efluente têxtil.

## **1. INTRODUÇÃO**

O Vestuário tem sido considerado a segunda maior necessidade da humanidade após a alimentação. Neste contexto a produção e posterior confecção de produtos têxteis tem sido o marco fundamental para a indústria têxtil. Essa necessidade, quase que obrigatória, força a indústria têxtil a desenvolver mais rapidamente ao longo dos anos de acordo com o aumento da população e dos padrões atuais. Desta maneira, a indústria têxtil tomou seu papel como um dos maiores mercados de exportação e importação de vários países.

Tingimento e acabamento, chamados processos úmidos, são, talvez, as fases mais importantes nos processos envolvidos na fabricação de produtos têxteis.

Os “processos úmidos” melhoram o valor do tecido em termos de aparência, durabilidade e manutenção de acordo com as necessidades dos consumidores. Entretanto, estes processos são

responsáveis por tornar a indústria têxtil um setor de intenso consumo de água e produtos químicos.

Devido à grande variedade de contaminantes presentes nas águas na estação de tratamento de efluente, incluindo diferentes classes de corantes, torna-se bem mais difícil o tratamento com o objetivo de reuso da águas residuárias (KUNZ et al., 2002). Desta maneira, estrategicamente, se torna bastante atrativo segregar as águas do pós-tingimento para realização de tratamento diferencial com o intuito de reuso.

Existem diversas tecnologias para tratamento de efluentes têxteis, porém a maioria dos processos são ineficientes para esta finalidade, como é o caso dos processos convencionais de coagulação e floculação, pois os mesmos apresentam eficiência comprovada para remoção de sólidos suspensos e não de sólidos dissolvidos. Devido a esta limitação surge a necessidade de aplicação de tecnologias mais efetivas, dentre elas destacam-se os processos de eletroflotação e eletrocoagulação oxidativos avançados que é uma técnica indicada para remover matéria orgânica e material em suspensão de diversas matrizes de efluentes, como os provenientes de restaurantes, esgoto doméstico, óleos, indústria têxtil, entre outros (MARCELA BOROSKI, 2007). Este processo atua em sólidos suspensos, como bactérias e algas, e moléculas orgânicas dissolvidas como corantes, detergentes, gorduras, óleos e graxas, aumentando o tamanho das partículas e promovendo conjuntamente a flotação ou a sedimentação, além de remover metais pesados provenientes de efluentes de várias origens (CARMONA *et al.*, 2006).

Diante desse contexto surgiu o interesse no tema de investigação aqui apresentado, visando avaliar o uso do processo de eletroflotação/coagulação (ECF) no tratamento do efluente de pós-tingimento gerados de uma indústria têxtil do segmento de redes de dormir.

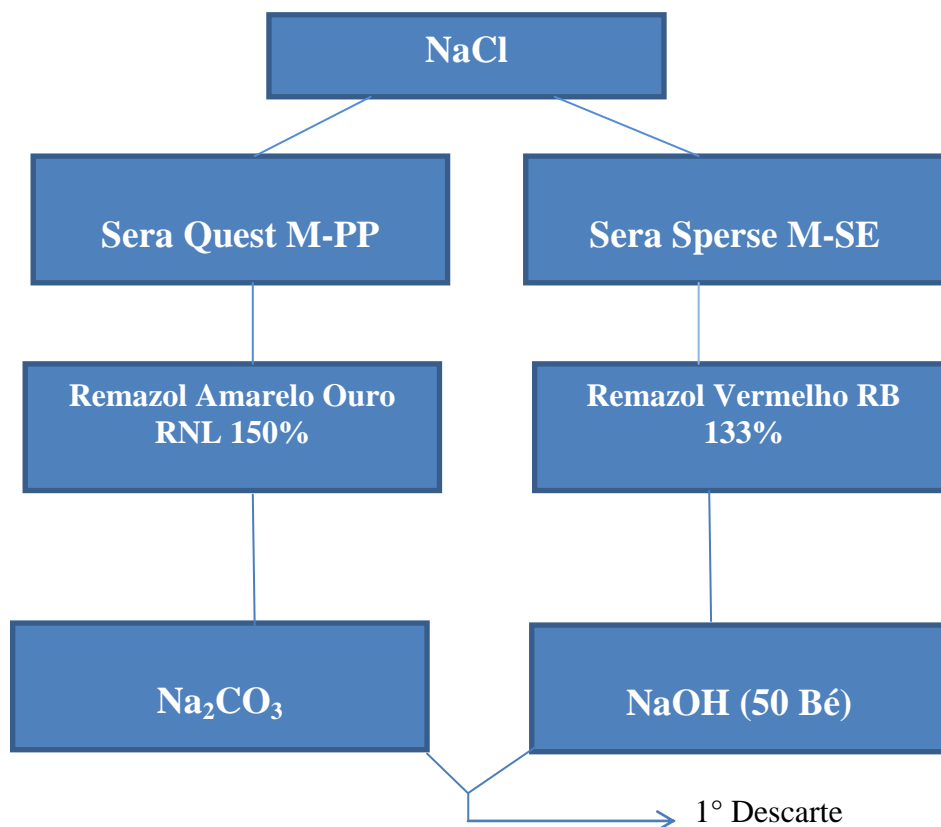
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Processo de Tingimento**

O processo de tingimento dos fios de algodão, utilizados na fabricação de redes se caracteriza pela adição de algumas substâncias químicas, conforme fluxograma apresentado na Figura 1. O cloreto de sódio usado no processo tem a função de uniformizar o tingimento, enquanto que, a Sera Quest M-PP é um agente sequestrante com propriedade dispersante. A Sera Spense M-SE auxilia na dissolução dos corantes.

Remazol Amarelo Ouro RNL 150% e Remazol Vermelho RB 133% foram os corantes utilizados no tingimento. Para auxiliar na fixação destes corantes na fibra foi empregado o hidróxido de sódio (NaOH), impedindo perdas no processo de lavagem. O carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) tem a função de manter o pH constante para permitir a ação do NaOH. Todos os

produtos utilizados no tingimento, que não se fixaram na fibra, foram descartados nas águas de lavagem.



**Figura 1.** Processo de tingimento dos fios de algodão da indústria de redes. Fonte: o autor.

## 2.2. Efluente

O efluente utilizado no estudo foi proveniente do processo de pós-tingimento de uma indústria de redes. Nesta etapa utilizou-se o efluente de uma indústria de redes do município de Jaguaruana, interior do estado do Ceará. As características físico-químicas são mostradas na Tabela 1.

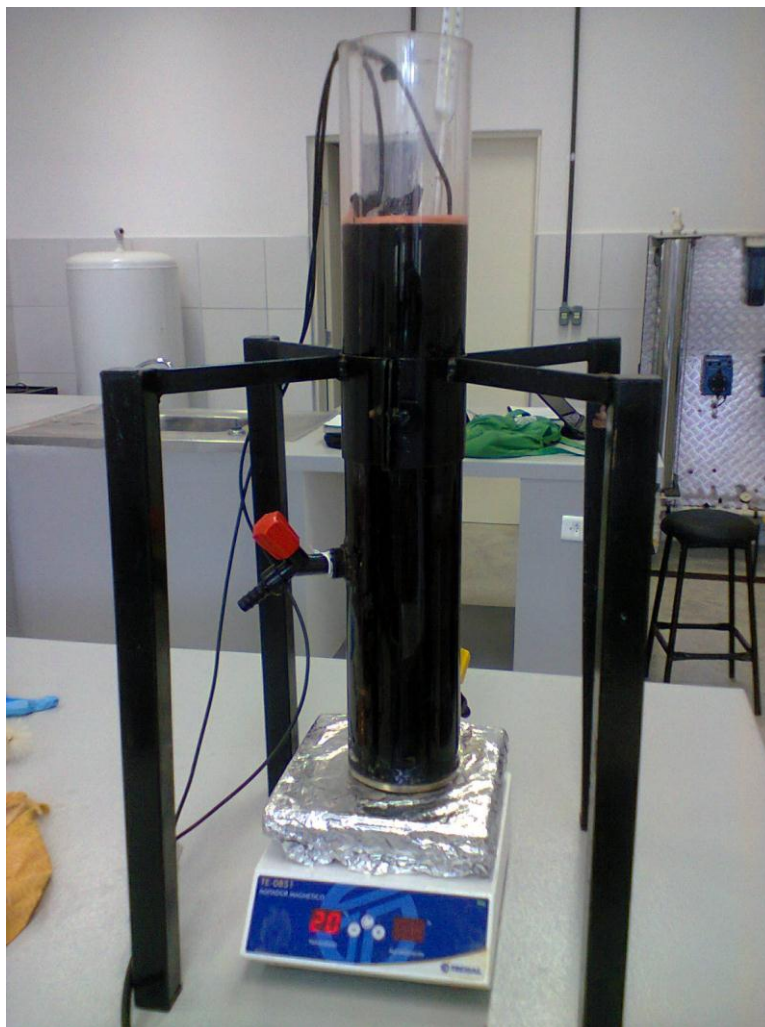
Tabela 1 - Características físico-químicas do efluente utilizado para o estudo.

PARÂMETROS	VALORES
pH	11,83
Temperatura (°C)	27,98
Turbidez (UNT)	35,50
DQO (mg/L)	5422,50
OD (mg/L)	1,53
Condutividade (mS/cm)	145,4

## 2.2. Ensaios de eletrocoagulação/flotação

O processo eletrolítico foi promovido por corrente alternada, montado de acordo com o diagrama experimental ilustrado na Figura 2. Os cátodos e os ânodos empregados foram feitos de dezenove chapas de alumínio. Cada chapa mediu 400,0 x 9,0 x 3,0 mm, com área de superfície total de 0,18 m<sup>2</sup>. Foram utilizadas duas medidas de espaçamento entre os eletrodos, sendo: 1 mm e 10 mm.

O reator de bancada foi confeccionado em acrílico para melhor acompanhamento da evolução dos processos eletroquímicos envolvidos, com dimensões 60,0 cm (altura) e 10,0 cm (diâmetro), perfazendo um volume total de 4.710 cm<sup>3</sup>, embora o volume útil empregado tenha sido equivalente a 2,8L. O formato cilíndrico foi usado para evitar que resíduos provenientes dos ensaios eletroquímicos ficassem aderidos em cantos “mortos” dentro do reator, como acontece em reatores de formato tipo tanque (cúbico).



**Figura 2** – foto do reator utilizado nos experimentos. Fonte: o autor.

### 2.3. Análises

A cor foi analisada e determinada em um espectrofotômetro Shimadzu modelo UV-1800. As amostras foram previamente diluídas (1:20) em água Milli-Q e, então, foram centrifugadas por 2 minutos a 4000 rpm, utilizando uma Centrifuga Quimis modelo G222T204. Nas amostras coletadas a cada 10 minutos foram realizadas varreduras do espectro UV-Visível. Os demais parâmetros físico-químicos foram determinados seguindo metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

## 3. RESULTADOS

Os resultados dos parâmetros físico- químicos antes e após o tratamento com o processo de eletrocoagulação/flotação são apresentados na Tabela 2.

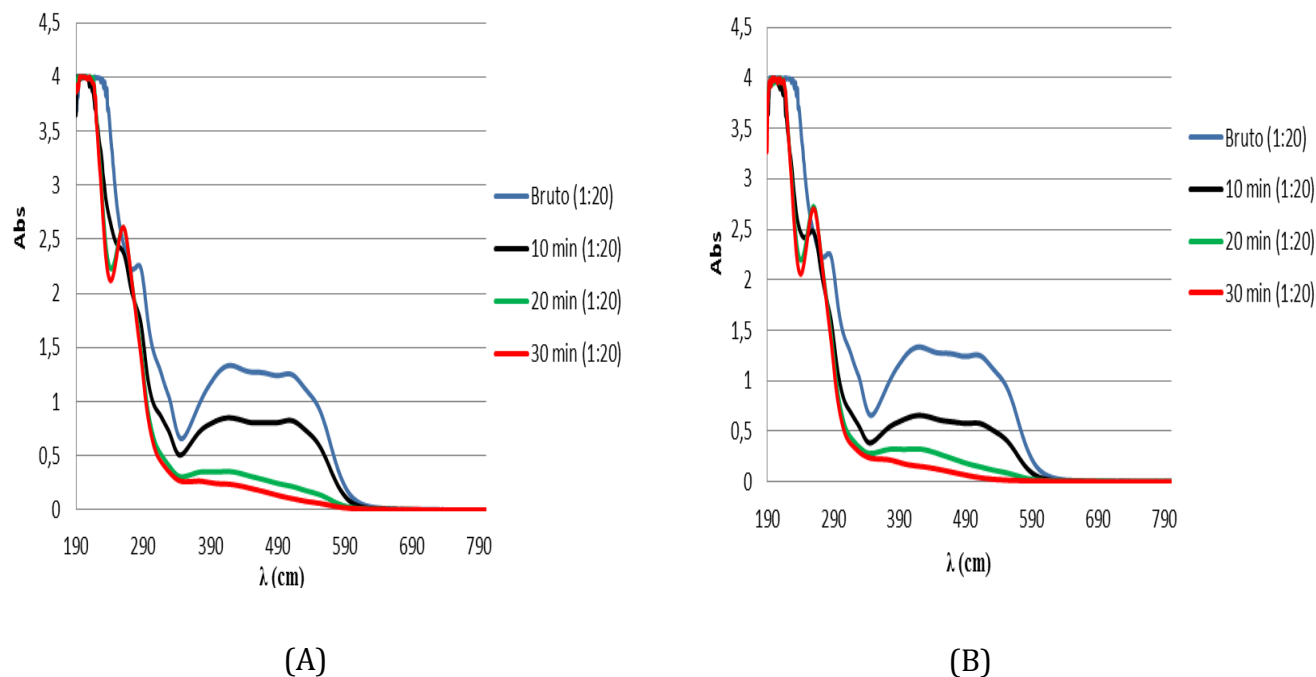
**Tabela 2** – Resultados dos parâmetros físico-químicas do tratamento do efluente com espaçamento dos eletrodos de 1 mm e 10 mm. Condições experimentais: temperatura inicial 28°C e velocidade de agitação de 20%.

PARÂMETROS	ANTES DO TRATAMENTO	APÓS TRATAMENTO COM ECF (1 mm)	APÓS TRATAMENTO COM ECF (10 mm)
pH	9,97	9,53	9,87
Temperatura (°C)	27,98	61	65
Turbidez (UNT)	35,5	27,4	28,67
DQO (mg/L)	5422,50	1355,6	1376,2
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1,53	0,42	0,58
Condutividade (mS/cm)	145,4	148,3	147,2

Os resultados de pH mostraram que não houve uma variação dos valores, isso deve-se a presença do íon carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), presente no efluente, mantiveram o pH da solução constante. Observou-se alteração da temperatura, podendo ser atribuído ao processo eletrolítico que se caracteriza por ser não espontâneo e exotérmico. **Os resultados de turbidez mostraram uma pequena diminuição dos valores durante os experimentos, isso se deve provavelmente a dois motivos: a flotação dos sólidos suspensos e a sedimentação dos mesmos após serem submetidos ao processo de ECF, contribuindo para o esse resultado.** Em contrapartida, a diminuição do oxigênio dissolvido (OD) está relacionada ao aumento da temperatura que provoca a volatilização do oxigênio, bem como a eficiência da flotação incluindo a participação de outras formações gasosas (gás hidrogênio). Os valores mais elevados de condutividade da solução após tratamento sugere que o processo de ECF diminui a viscosidade da solução, devido provavelmente ao aumento da temperatura e também ao processo de flotação dos corantes, permitindo que os íons presentes tenham maior mobilidade.

Os resultados de DQO mostraram que não houve diferença entre os percentuais de remoção dos diferentes condições de experimentos (espaçamento entre as placas de eletrodos). A remoção de DQO utilizando o processo de ECF deve-se provavelmente a dois fenômenos: um deles é o processo de flotação que se dá através das micro-bolhas de gás oxigênio e de hidrogênio resultantes da eletrólise da água (SILVA *et al.*, 2005), provocando o arraste dos flocos mais leves, o outro processo é a sedimentação da matéria orgânica devido os flocos formados durante o processo eletrolítico adquirirem peso suficiente para sua sedimentação, que foi causada pela desestabilização das partículas coloidais por eletrocoagulação (ABDALA NETO, 2012). Este último caso fica mais evidente quando a célula eletrolítica é desligada.

Os espectros da figura 3 mostraram que houve uma pequena diferença entre os estudos com 1 mm e 10mm de espaçamento entre os eletrodos, com 10 minutos de tratamento, todavia ao final do processo (30 minutos), observou-se que os espectros foram semelhantes. A diminuição das bandas dos espectros está relacionada com o processo de flotação dos corantes através das micro-bolhas dos gases gerados no tratamento e a coagulação dos corantes pelas espécies de alumínio geradas no anodo.



**Figura 3** – Espectro do efluente antes e após o processo de tratamento com ECF. Espaçamento de 1 mm (A) e espaçamento de 10 mm (B).

## 4. CONCLUSÕES

Conclui-se em função dos resultados obtidos que não houve diferença significativa, nos percentuais de remoções dos parâmetros físico-químicos avaliados, entre os estudos de eletrocoagulação/flotação utilizando espaçamentos entre os eletrodos de 1 mm e 10 mm. Contudo pode-se afirmar que a tecnologia estudada tem grande aplicabilidade no tratamento de efluentes têxteis, pelo fato desses possuírem compostos dissolvidos em sua composição, o que dificulta o uso dos processos convencionais de tratamento.

## 5. REFERÊNCIAS

CARMONA, M; KHEMIS, M.; LECLERC, J. P; LAPICQUE, F. A simple model to predict the removal of oil suspensions from water using the electrocoagulation technique. Chemical Engineering Science, v. 61, p.1237 – 1246, 2006.



BOROSKI, M. Estudo combinado de eletrocoagulação – flotação seguido de fotocatalise em efluentes de indústria de papel e celulose, e de indústria de fármacos e cosméticos. Dissertação (Mestrado em Química). Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química Nova, v. 25, n.1, p.78-82, 2002.

APHA. AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and wastewater. 21th edition, Washington, USA, 2005.

SILVA, P. C. F.; MAINIER, F. B. Tecnologia eletroquímica aplicada ao tratamento de efluentes industriais. *In*: Semana de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, 7º Seminário Fluminense de Engenharia. Trabalhos técnico-científicos. Niterói: UFF, 2005.

ABDALA NETO, E. F. Pré e pós-tratamento por eletro-oxidação associada à fotocatalise heterogênea em uma ETA por filtração direta visando à redução dos precursores dos compostos organoclorados. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.