



Estudo da remoção de cor de efluente proveniente de serigrafia empregando processo de eletrocoagulação

Luciano André Deitos Koslowski¹
**Ana Flavia Costa², Gabrielle Cristine Correa Feliciano³, Dionivon Gonçalves⁴,
Djone Carlos Joench⁵**

¹UDESC (lucianoandre@yahoo.com)

²UDESC (anaflavia.c20@gmail.com); ³UDESC (gabriellecccfeliciano@gmail.com); ⁴UDESC (dionivon@hotmail.com@gmail.com); ⁵UDESC (djonejoench@gmail.com)

Resumo

O presente trabalho apresenta como proposta a aplicação do processo de eletrocoagulação no tratamento de efluente proveniente de uma serigrafia. Como metodologia aplicou-se uma tensão de 25 v e corrente de 5 A em um reator batelada sob agitação constante. As variáveis utilizadas neste estudo foram: concentração de eletrólito (2 ou 4 g.500mL⁻¹), eletrodo (alumínio ou latão) e tempo de detenção hidráulico (15 - 20 - 23 minutos). A eficiência foi observada pela comparação dos parâmetros turbidez, pH e sólidos sedimentáveis de acordo com as Resoluções do CONAMA 357/2005 e 430/2011. Os resultados obtidos demonstram a degradação de 97,48 % da matéria orgânica empregando o eletrodo de alumínio durante o período de 23 minutos e concentração de eletrólito de 2 g.500 mL⁻¹, pH final da solução correspondente a 9,65 e valor não detectável para sólidos sedimentáveis. Os resultados dos testes com eletrodo de alumínio apresentaram eficiência superior a 95 % e podem ser lançados em corpos hídricos de classe 1, após correção de pH. O eletrodo de latão com concentração de 2 g.500 mL⁻¹ apresentou redução da turbidez menor que 50 %.

Palavras-chave: eletrocoagulação; efluente gráfico; remoção de cor

Área Temática: Tecnologias Ambientais

Study of the removal of color from effluent coming from serigraphy employing electrocoagulation process

Abstract

The present work proposes the application of the electrocoagulation process in the treatment of effluent coming from a serigraphy. As methodology, a voltage of 25 v and current of 5 A in a batch reactor under constant agitation, was applied. The variables used in this study were: electrolyte concentration (2 or 4 g.500mL⁻¹), electrode (aluminum or brass) and hydraulic detention time (15 - 20 - 23 minutes). The efficiency was observed by the comparison of turbidity parameters, pH and sedimentable solids according to CONAMA Resolutions 357/2005 and 430/2011. The results obtained show the degradation of 97.48% of the organic material employing the aluminum electrode for 23 minutes and electrolyte concentration of 2 g.500 mL⁻¹, final pH of the solution corresponding to 9.65 and non-detectable value for sedimentable solids. The results of the tests with aluminum electrode presented efficiency greater than 95 % and they can be launched in class 1 hydric bodies after pH correction. The



brass electrode with 2 g.500 mL⁻¹ concentration presented turbidity reduction lower than 50 %.

Keywords: eletrocoagulation; graphic effluent; color removal

Theme Area: Environmental Technologies

1. Introdução

Desde a revolução industrial ocorrida nos séculos XVIII e XIX, as indústrias começaram a produzir em larga escala e baseada na demanda de produtos com qualidade certificada, as legislações ambientais se tornaram mais rígidas e motivado a inovação e desenvolvimento de métodos alternativos para tratamento de efluentes gerados. De modo geral, a tinta utilizada para os sistemas de impressão na indústria de serigrafia, consiste na aplicação da tinta sobre uma tela com textura superficial variável (permeáveis e não permeável). A referida técnica apresenta vasta aplicação, pois permite a impressão em diferentes materiais e até em superfícies irregulares.

O efluente proveniente da serigrafia é impróprio para descarte na rede de esgotos, sendo composto principalmente por corantes e pigmentos diluídos na água que apresentam elevada carga orgânica e acentuada coloração sendo ainda que parte destes efluentes apresenta elevada toxicidade e baixa biodegradabilidade (Silva, 2004). Quando lançados no corpo hídrico, a matéria orgânica do efluente é decomposta por bactérias aeróbias que se multiplicam e consomem boa parte do oxigênio, diminuindo a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e suprimindo processos fotossintéticos aquáticos (Secretaria de Estado do Meio Ambiente et. al., 2003).

Basicamente, a eletrocoagulação consiste em um processo com a indução de eletricidade na água, a qual desestabiliza a solução e coagula os contaminantes. O forte campo elétrico propicia reações de oxi-redução, onde o ânodo de sacrifício é corroído por sofrer oxidação e liberar íons metálicos, e o cátodo sofre a redução e forma íons hidroxilas (Bazrafshan, 2013). Os íons formados aglomeram e resultam em compostos hidróxidos metálicos, que favorecem a formação de flocos coagulados menos reativos, insolúveis e de maior estabilidade que posteriormente podem ser removidos por sedimentação, flotação ou filtração, dependendo de sua densidade (Strate, 2014). Conforme Meneses (2012) á medida que as reações se processam, ocorre a formação de microbolhas de hidrogênio e oxigênio no cátodo e no ânodo dos eletrodos favorecendo a formação de partículas floculadas que migram até a superfície.

Os eletrodos, constituídos de metal, proporcionam a transferência de elétrons para o efluente a qual está inserido. A capacidade dos materiais de conduzirem energia elétrica é medida pela condutividade elétrica, que está associada a quantidade de elétrons livres de cada metal. Quanto maior seu valor, maior a transferência de elétrons. O alumínio possui condutividade de 3,42.10⁷ S/m, enquanto o latão possui 1,49.10⁷ S/m (Bazrafshan, 2013). A escolha do material deve ser motivada pelos seguintes fatores: resistência ao desgaste, a temperatura de fusão e ebulição, maleabilidade, estabilidade dimensional e peso específico.

Para aumentar a condução de cargas na solução é possível adicionar um eletrólito que, segundo Lobo apud Agostinho et al. (2004), quando dissolvida em um dado solvente, produz uma solução com uma condutividade elétrica maior que a condutividade do solvente”. Os eletrólitos são considerados fortes quando se dissociam totalmente em soluções (Atkins, Jones, 2009), como por exemplo o cloreto de sódio (NaCl) que é um composto iônico solúvel. Ferreira (2001), reporta que a condutividade da solução aumenta com a concentração do eletrólito.

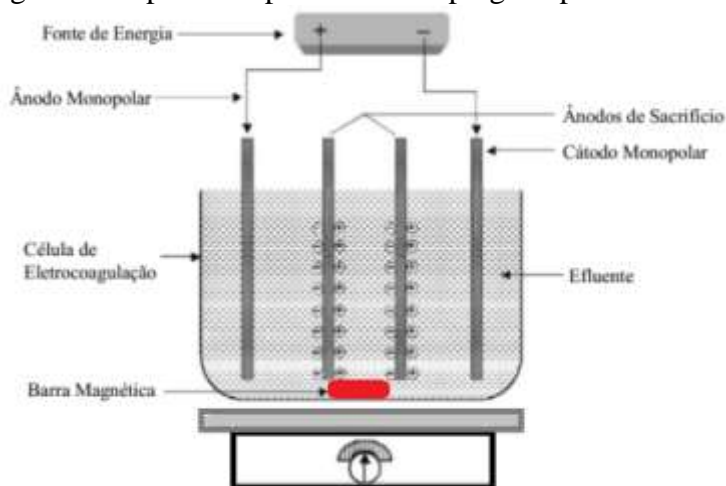


A partir do exposto, o presente estudo tem por objetivos avaliar experimentalmente a eficiência do processo de eletrocoagulação na remoção de cor aparente/diminuição de turbidez/remoção de compostos orgânicos estáveis do efluente proveniente de serigrafia e ainda, identificar as condições que melhor satisfazem o tratamento. As condições analisadas são: concentração de eletrólito, tempo de detenção hidráulica - TDH e material do eletrodo.

2. Materiais e Métodos

O estudo experimental consistiu na aplicação de energia em efluente proveniente de serigrafia em constante agitação. A Figura 1 apresenta o aparato experimental: A) Retificador de energia; B) Fios de transmissão; C) Eletrodos; D) Béquer; E) Barra magnética; F) Agitador magnético.

Figura 1 – Aparato experimental empregado para o tratamento do efluente de serigrafia.



O processo de eletrocoagulação foi realizado empregando um efluente proveniente de uma indústria gráfica da cidade de Ibirama/SC. Os experimentos realizados neste estudo, avaliou a eficiência do processo de eletrocoagulação por meio das seguintes análises: voltagem (25 volts), intensidade de corrente (5 Ampères), concentração de eletrólito- Cloreto de sódio - NaCl (2 g.500mL^{-1} ou 4 g.500mL^{-1}), tipo de eletrodo (latão, alumínio) e tempo de detenção hidráulico (15, 20 ou 23 minutos) aplicados em 500 mL de efluente sob agitação constante. O estudo foi realizado empregando eletrodos com as seguintes dimensões: 3,1 cm de largura e 8 cm de comprimento ($24,8 \text{ cm}^2$ de área). Segundo Shen (2006), a água naturalmente possui cor por conter ácidos húmicos e tanino, não prejudiciais ao ecossistema, porém quando a água possui turbidez há também a chamada cor aparente que pode ser prejudicial a qualidade da água.

Para a análise do processo de eletrocoagulação, foi utilizado um turbidímetro para avaliar a redução de turbidez do efluente (HANNA modelo HI 93703), com a retirada de alíquotas de 10 mL para análise. Para a determinação do pH foi utilizado o pHmetro digital (HI3221 HANNA). Os dois parâmetros foram analisados com o objetivo de identificar a presença de partículas em suspensão e identificar a intensidade de alteração no pH em função de subprodutos formados do processo de eletrocoagulação antes do início do experimento e 24 horas após realizado o experimento. Na etapa seguinte, procedeu-se o teste de sólidos sedimentáveis em cone Imhoff conforme previsto na Resolução 430/2011, durante o intervalo de tempo de 1 hora. Os parâmetros foram comparados com os limites estabelecidos pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 357/2005 e 430/2011.



3. Resultados e Análise dos Resultados

Os resultados deste estudo são divididos em duas etapas, conforme planejamento metodológico. Na primeira etapa, conforme apresentado na tabela 1, são apresentados os resultados oriundos da redução de turbidez nos experimentos por meio da aplicação de uma voltagem de 25 v e intensidade de corrente de 5 A em 500 mL de efluente de serigrafia com agitação constante.

Tabela 3: Resultado da redução da turbidez conforme planejamento experimental.

Experimento	Eletrodo	TDH (minutos)	Eletrólito [NaCl]	Turbidez ₀ (UNT)	Turbidez _f (UNT)	Eficiência (%)
1	Alumínio	15	4 g.500mL ⁻¹	471,00	17,10	96,37
2	Alumínio	20	2 g.500mL ⁻¹	>1000	35,29	96,47
3	Alumínio	20	4 g.500mL ⁻¹	452,00	18,20	95,97
4	Alumínio	23	2 g.500mL ⁻¹	437,00	11,00	97,48
5	Latão	20	4 g.500mL ⁻¹	451,00	58,00	87,14
6	Latão	15	4 g.500mL ⁻¹	>1000	118,00	88,20
7	Latão	20	2 g.500mL ⁻¹	>1000	501,00	49,90
8	Latão	15	2 g.500mL ⁻¹	571,00	325,00	43,08

TDH: Tempo de detenção hidráulico; Turbidez₀: Turbidez inicial;

Turbidez_f: Turbidez 24 horas após a aplicação do processo de eletrocoagulação.

Para os ensaios cujo valor da turbidez inicial ultrapassou o valor detectável pelo equipamento, foi adotado o valor de 1000 UNT como referência para o cálculo de eficiência. A Resolução 437/2005 considera que o corpo hídrico de despejo de efluente tratado como classe 2, prevista na mesma Resolução, reporta que a turbidez deve apresentar no máximo 100 UNT. Neste contexto, os cinco primeiros experimentos encontram-se de acordo com o previsto na Resolução, sendo possível o descarte no corpo hídrico. Nesse sentido, pode-se constatar que todos os ensaios envolvendo o eletrodo de alumínio contemplaram uma relação eficiência/redução de turbidez maior que 95 %, sendo o experimento 4 de maior eficiência (97,48 %). Percebe-se então que a adição de 2 g.500mL⁻¹ de NaCl e um maior tempo de detenção (23 minutos) favorece a redução de turbidez. Os experimentos que empregaram o eletrodo de latão e concentração de 2 g.500mL⁻¹ de NaCl, apresentaram eficiência inferior a 50 %. Em todos os casos, quando foi adicionado 2 g.500mL⁻¹ de NaCl, a redução de turbidez aumentou com o TDH e quando foi adicionado 4 g.500mL⁻¹ de NaCl, a redução de turbidez diminuiu com o TDH, porém a diferença pode ser considerada pouco significativa. A Tabela 3 abaixo apresenta os resultados referentes ao pH, turbidez e sólidos sedimentáveis (S.S).



Figura 2: Parâmetros analisados e sua aprovação para descarte.

Experimento	pH ₀	pH _f	Turbidez _f (UNT)	(S.S) Sólidos Sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	Análise
1	10,96	10,08	17,10	0	*pH
2	2,86	7,74	35,29	0	Sim
3	11,40	10,10	18,20	0	*pH
4	10,57	9,65	11,00	0	*pH
5	10,44	11,37	58,00	0,1	*pH
6	2,90	7,21	118,00	0	Não
7	4,23	9,40	501,00	0	Não
8	10,09	11,20	325,00	0,1	Não

pH₀: pH inicial; pH_f: pH 24 horas após a eletrocoagulação; Turbidez_f: Turbidez 24 horas após a eletrocoagulação; S.S: Sólidos sedimentáveis 24 horas após a eletrocoagulação; Sim: O efluente tratado se enquadra a legislação; *pH: O efluente tratado se enquadra a legislação, porém é necessária a correção de pH; Não: O efluente tratado não se enquadra a legislação.

Analisando os resultados, é possível verificar uma eficiência maior empregando o eletrodo de alumínio, que pode ser resultado da migração de íons Al³⁺, do eletrodo para a solução com a formação de íons OH⁻ na solução de coagulante. De acordo com Pernitski (2003), as reações de hidrólise da espécie Al³⁺, são favorecidas e, dessa forma, a formação das espécies monoméricas e poliméricas passam a ocorrer diretamente na solução de coagulante auxiliando na redução da turbidez. Conforme Resolução 357/2005 do Conama, o pH final do efluente para despejo em corpo hídrico de classe 2 deve estar compreendido entre 6 e 9. Neste caso, os experimentos 2 e 6, que apresentam pH ácido, atendem a resolução, sendo observado um aumento do pH durante o processo.

Quanto a análise de sólidos sedimentáveis, a Resolução do CONAMA 430/2011 que “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA” (Brasil, 2011) estabelece que o valor não deve ser maior que 1 mL.L⁻¹. Na etapa final do processo de eletrocoagulação, todos os experimentos apresentaram valores de acordo com a faixa permitida da resolução 357 (0,10 mL.L⁻¹) conforme os experimentos 5 e 8.

4. Conclusão

A pesquisa apresentada buscou avaliar a eficiência do processo de eletrocoagulação para tratamento de efluentes provenientes de indústria de serigrafia e identificar variáveis que reduzem a turbidez de forma mais significativa.



Dentre os parâmetros analisados, a melhor condição para tratamento de efluente proveniente de serigrafia envolveu a utilização de alumínio como eletrodo, com concentração de 2 g.500mL⁻¹ de NaCl e aplicação de voltagem de 25 v e intensidade de corrente de 5 A durante o intervalo de tempo de 23 minutos sob agitação constante. De modo geral, a utilização do eletrodo de alumínio apresentou relevante vantagem em relação ao eletrodo de latão, de forma que todos os experimentos realizados com o eletrodo de alumínio resultaram em degradação de matéria orgânica superior a 95 %, ou seja, comparativamente acima de outros métodos de tratamento empregados (40 a 90 %). No caso da utilização do eletrodo de latão (concentração de eletrólito de 2 g.500mL⁻¹ de NaCl), a carga orgânica apresenta redução pouco significativa, fato justificado pelo maior potencial padrão de redução e condutividade elétrica do alumínio. No caso dos sólidos sedimentáveis a eletrocoagulação apresentou efeito positivo, pois todas as amostras tratadas apresentam conformidade com as legislações. No quesito pH, apenas as amostras que possuíam pH inicial abaixo de 3 obtiveram pH final em conformidade com a resolução Conama. A adição de cloreto de sódio, permite a formação de hidroxilas com a formação de hidróxido de sódio (NaOH), que resulta em aumento do pH.

5. Referências Bibliográficas

BAZRAFISHAN, Edris; MOIEN, Hossein; MOSTAFAPOUR, Ferdos K.; NAKHAIE, Shima; Application of eletrocoagulation process for dairy wastewater treatment. Journal of Chemistry 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/640139>

BOUAMRA, Fariza; DROUICHE, Nadjib; AHMED, Dihya S.; LOUNICI, Hakim; Treatmen of water loaded with orthophosphate by Eletrocoagulation. Procedia Engineering 33. 2012. pág. 155 – 162.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE [CONAMA]. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 25 nov. 2017. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE [CONAMA]. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

GODOY, Arilda Schmidt. Uma revisão histórica dos principais autores e obras que refletem esta metodologia de pesquisa em Ciências Sociais. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 2, p.57-63, abr. 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

MENESES, Janaina Moreira de; VASCONCELOS, Robelsa de Fátima; FERNANDES, Thalys de Freitas and ARAUJO, Gilmar Trindade de. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: investigação dos parâmetros operacionais. Quím. Nova [online]. 2012, vol.35, n.2, pp. 235-240. ISSN 0100-4042.

MONEGO, Maurici Luzia Charnevski Del, Degradação eletroquímica de corantes e efluentes da indústria têxtil, 2007, Dissertação (Mestrado em Engenharia) -Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 89p.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

NEVES, José Luiz. Pesquisa qualitativa - Características, usos e possibilidades. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 1, n. 3, p.2-6, jun. 1996.

SHEN, Z et al. Methods to improve electrochemical treatment effect of dye wastewater. **Journal Of Hazardous Materials**, [s.l.], v. 131, n. 1-3, p.90-97, 17 abr. 2006.

STRATE, Julio. Avaliação do processo de eletrocoagulação/flotação para tratamento de efluente de uma indústria de laticínios. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental. Centro Universitário Univates. 2014.