

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CÂMPUS URUTAÍ  
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ESTUDO DO PROCESSO FENTON PARA REMOÇÃO DA CARGA  
ORGÂNICA DE EFLUENTES**

**GILWARLEY ALVES OLIVERA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano –  
Câmpus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de (Bacharel em Engenharia  
Agrícola), sob orientação da Prof. Dra. Débora Astoni Moreira.

URUTAÍ – GO  
Novembro 2022

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CÂMPUS URUTAÍ  
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ESTUDO DO PROCESSO FENTON PARA REMOÇÃO DA CARGA  
ORGÂNICA DE EFLUENTES**

**GILWARLEY ALVES OLIVERA**

**Orientadora: Prof. Dra. Débora Astoni Moreira.**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de (Bacharel em Engenharia Agrícola), sob orientação da Prof. Dra. Débora Astoni Moreira.

URUTAÍ – GO  
Novembro 2022

# **ESTUDO DO PROCESSO FENTON PARA REMOÇÃO DA CARGA ORGÂNICA DE EFLUENTES**

## **RESUMO**

Mediante legislação ambiental brasileira, a disposição de resíduos no meio ambiente, seja por emissão de matéria ou efluentes lançados na atmosfera, precisa passar por processos de tratamento para diminuir as consequências degradantes do meio ambiente. No estudo, os processos utilizados para reduzir matéria orgânica de efluentes líquidos de laticínios ou indústrias, são do tipo biológico, e que demandam uma grande área, e normalmente um elevado custo nesta operação. Neste caso, a pesquisa científica é para identificar outra saída mais eficaz e mais econômica para realizar tais procedimentos, os Processos Oxidativos Avançados (POA), como por exemplo, Fenton. O objetivo foi avaliar a redução de carga orgânica dos efluentes de laticínios, da suinocultura e sintético da indústria têxtil utilizando-se do processo Fenton. Os efluentes ao serem escolhidos foram realizados alguns testes, como, análises de turbidez, pH e DQO. Levando em consideração os dados iniciais e finais do processo, foi possível perceber grande redução de poluentes dos efluentes testados, representando grande eficácia no tratamento de resíduos orgânicos, reduções da turbidez e da DQO.

Palavras-chave: Efluentes. Fenton. Processo Oxidativo Avançado.

## INTRODUÇÃO

Com os grandes avanços das tecnologias e a crescente preocupação com o meio ambiente tem deixado em alerta todos os países, fazendo todos voltarem suas atenções para o futuro de suas nações. Assim, as leis ambientais estão cada vez mais rígidas, gerando multas severas e consequências para quem exceda os padrões de emissão estabelecidos em lei. Os resíduos produzidos pela indústria em todos os setores são bastante diversificados na sua composição química, podem variar desde compostos inorgânicos a orgânicos, que contém poluentes tóxicos e resistentes aos sistemas convencionais de tratamento. (Florêncio e Malpass, 2014).

Alguns pesquisadores fazem estudos com métodos diferentes para tratamento de efluentes com resíduo de Fenol, uma vez que ele é um composto bastante representativo, servindo como base e referência quando se pretende testar novos métodos de tratamentos de águas contaminadas com compostos orgânicos. André L. N. Mota, 2005, diz que o Fenol por possuir uma alta toxicidade e ser um produto poluente que não consegue ser degradado facilmente, efluentes contendo esses compostos precisam de uma atenção maior a serem tratados antes de dispor ao meio ambiente.

Sobretudo métodos tradicionais de tratamento não conseguem um bom resultado quando aplicados, pois este poluente dependendo da concentração não é apropriado para tratamento biológico simples.

Como esse processo de tratamento de biológico simples temos também um processo avançado, conhecido como POA (Processos Oxidativos Avançados) que vem sendo utilizados como uma boa alternativa para o tratamento de efluentes composto por elementos orgânicos tóxicos, nos quais um tratamento biológico simples não pode ser aplicado. Os processos Oxidativos Avançados se baseiam na geração de radicais hidroxila (OH), estas substâncias, são capazes de oxidar e reagir com a maioria das classes de compostos orgânicos, resultando em uma mineralização, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, além de transformar os produtos mais biodegradáveis. (Mariele, F. et al., 2014)

Sobre a reação de Fenton, esse procedimento é capaz de tratar efluentes aquosos contendo poluentes não biodegradáveis, o aspecto reacional consiste na decomposição de peróxido de hidrogênio em meio ácido reagindo com íons ferrosos, levando à formação de radicais como hidroxila exemplo:  $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + \cdot OH$ . (Brillas et al., 2009).

As disposições de resíduos poluentes no meio ambiente têm ocorrido de forma demasiada, por todos os meios, seja na atmosfera, no solo e nas águas, sendo que todos os resíduos devem ser tratados antes de se dispor em qualquer meio ambiente, para referenciar o que se diz, pega-se como parâmetro a Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 357/2005 e CONAMA 430/2011, onde a resolução dispõe sobre as condições e aspectos de lançamento de efluentes.

A maioria dos procedimentos que são utilizados no tratamento de matéria orgânica em efluentes líquidos é do tipo biológico, ocupando posição de destaque face às múltiplas vantagens de caráter econômico a eles associados. (Maksoud E.T.B. Pereira, 2021)

A utilização de Processos Oxidativos Avançados (POA) tem demonstrado maior eficiência e menor dificuldade em operação, tratando diversos efluentes contaminados com compostos tóxicos (LOPEZ et al., 2004). Quando se é utilizado reações oxidantes é possível diminuir o DQO, DBO, sólidos de outras naturezas e também a coloração dos efluentes, purificando mais e tratando o efluente.

Os POAs são processos em que o principal agente oxidante corresponde ao radical hidroxila ( $\bullet\text{OH}$ ), um poderoso agente oxidante ( $E^\circ = 2,8 \text{ V}$ ). Este radical é não seletivo e promove a degradação de compostos orgânicos em tempos relativamente pequenos, reagindo de 106 a 1012 vezes mais rápido que outros oxidantes como o Ozônio. (KAJITVICHYANUKUL e JAMROENSAN, 2008; HUANG et al., 2008).

Segundo Pera-Titus et al. (2004) no processo utilizando POA, os radicais hidroxilas reagem com os componentes orgânicos, sendo assim resultando em benefícios como por exemplo a destruição dos componentes tóxicos da matéria orgânica/efluente, tendo como resultado  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , e sair inorgânicos, transformando produtos tóxicos em menos agressivos ou até mesmo mais biodegradáveis.

Nos POAs se destacam o processo Foto-Fenton, que é caracterizado na geração de radical hidroxila ( $\text{OH}$ ) pela reação dos sais ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) associado à irradiações UV-A, UV-B e VIS, respectivamente (320 a 400 nm, 280 a 320 nm, e 400 a 800 nm), (PRIMO et al., 2008), promovendo mineralizações em tempos bem menores, quando comparado aos demais POAs (GARCIA et. al., 2007).

Os benefícios do Fenton como processo oxidativo avançado, é que além de ser muito utilizado no tratamento de efluentes, possui operação simples, o custo financeiro e operacional para realização é suportável, não precisa de irradiação, então economiza-se com gasto de energia (BORBA, 2011).

Tanto o Fenton isolado ou em combinação tem sido eficiente para tratamento de efluentes com poluentes orgânicos, sendo utilizado em diversos processos industriais, para diminuir a degradação ambiental. (HERMOSILLA et al., 2012)

Os efluentes de laticínios, suinocultura e efluentes sintéticos de indústria têxtil, apresenta diversas variações, e são altamente tóxicos, então há a necessidade de um tratamento correto, visando reduzir o impacto de contaminação em relação ao meio ambiente. Por isso a importância de um tratamento adequado para esses efluentes de maneira mais rápida, necessitando de pouca peculiaridade para ser realizado, incluindo custo operacional baixo.

## **OBJETIVO**

Avaliar a redução de DQO de efluentes produzidos em laticínios, suinocultura e também do ramo de indústria têxtil utilizando o processo Fenton.

## **METODOLOGIA**

O experimento foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas, do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí (IFGoiano – Campus Urutaí), em Urutaí, GO.

Os efluentes utilizados foram provenientes da Unidade de Beneficiamento de Leite e criação de suíno do IFGoiano – Campus Urutaí. Já o efluente sintético da indústria têxtil foi preparado utilizando corante sintético de tecido cor azul 17 da marca TINGECOR GUARANY, dissolvendo 40 g do corante em 1L de água.

Para a realização do ensaio experimental amostras de 1,5 L dos efluentes foram adicionadas a um aparelho Jar teste da marca Polycrontol, agitando-se, por um período de 1 minuto, a rotação de 100 rpm e depois foi ajustado o pH para o valor igual a 3,0, usando ácido clorídrico 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Posteriormente, adicionou-se sulfato ferroso (dosagem de 6,95 g L<sup>-1</sup> Fe<sup>2+</sup>) e peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 30% (dosagem 20,2 mL L<sup>-1</sup>). Após o repouso de 3 horas, o pH foi ajustado para 7 e retirou-se uma alíquota para determinação da DQO e turbidez.

Para a caracterização dos efluentes foi realizado análises de pH, turbidez e demanda química de oxigênio (DQO), conforme metodologias recomendadas pela APHA (2012).



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da caracterização dos efluentes mostrando os dados com valores originados dos ensaios experimentais, trazendo valores para Turbidez, pH e DQO.

Tabela 1. Caracterização dos efluentes do laticínio, suinocultura e sintético da indústria têxtil.

Parâmetros	Efluentes		
	Laticínios	Suinocultura	Sintético da indústria têxtil
Turbidez (UNT)	850,0	561,0	379,0
pH	8,5	6,9	10,4
DQO (mgO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	3.521,0	4.490,0	4.283,2

Na Tabela 2 apresenta os valores da turbidez e DQO após o processo Fenton para comparação dos valores iniciais.

Tabela 2. Resultados de turbidez e DQO dos efluentes do laticínio, da suinocultura e sintético da indústria têxtil após o processo Fenton.

Parâmetros	Efluentes		
	Laticínios	Suinocultura	Sintético da indústria têxtil
Turbidez (UNT)	110,5	112,2	15,2
DQO (mgO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	528,2	1.436,8	1.156,5

Pode-se perceber que o tratamento dos efluentes com processo Fenton, reduziu a turbidez e DQO, o que facilita a biodegradação de efluentes.

Há uma tendência em buscar tratamentos mais eficazes que possuem custo menor, o Fenton (POA Químico) tem maior vantagem que o Foto-Fenton (POA Fotoquímico) pois tem como desvantagem a limitação econômica que está relacionada ao alto custo da fonte de radiação UV (Dezotti, 2008).

Nota-se que o método foi eficiente apresentando reduções da turbidez de 87%, 80% e 96 e reduções da DQO de 85%, 68 e 73%, experimentos feitos com efluentes de laticínios, da suinocultura e sintético da indústria têxtil. Em todos os resultados obtidos, percebe-se redução DQO, o que se encontra dentro dos limites para lançamento em corpos hídricos pela DN

COPAM/ CERH - MG nº 01/08, ou seja, manipulando de modo correto para que esses efluentes possam retornar para o meio ambiente de forma menos tóxica.

Segundo Costa (2016) é possível reduzir em torno de 81% da turbidez em efluentes de laticínios.

Tratamento de efluente de laticínio, utilizando-se para isso processos oxidativos avançados. A DQO com valor de redução de 85% mostra ter sido muito significativa em comparação as reduções apresentadas por Silva, 2006 com 68,01%, Felipe 2009, 68,14% e Andrade 2011, 58,97% sabendo que foi utilizado tratamentos preliminares e primários para tratamentos de efluentes com mesmas características físico-química (Ferreira J. H., 2015).

No estudo de CAMPOS & BRITO (2014) com efluente de lavanderia têxtil utilizando processo Fenton, verificaram redução de 85% da carga orgânico, 97% turbidez. E segundo Queiroz et al. (2011) com o processo Fenton reduziu 80,6% da DQO.

Maus et. al. (2009) utilizando Fenton como tratamento em efluente lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos obtiveram queda de 57% na redução de turbidez.

## **CONCLUSÃO**

O tratamento com processo Fenton foi eficiente para remoção de carga orgânica dos efluentes avaliados, com reduções da turbidez de 87%, 80% e 99,6 e reduções da DQO de 85%, 68 e 73%, para os efluentes de laticínios, da suinocultura e sintético da indústria têxtil, respectivamente.

Podem notar a eficiência do processo com base nos ensaios elaborados, sendo bem perceptível a diferença de valores, antes e após o tratamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WEF - Water Environment Federation Standard methods for the examination of water and wastewater. 24 ed. Washington, D.C, USA: APHA/AWWA/WEF, 2012.

BORBA, F. H. Aplicação dos processos foto-Fenton e eletrofloculação no tratamento de efluente de curtume. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Química - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n°357 de 17 de março de 2005. Brasília: MMA/CONAMA, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n°430 de 13 de maio de 2011. Brasília: MMA/CONAMA, 2011.

CAMPOS, V.M.; BRITO, N.N. Tratamento de Efluente Têxtil Utilizando Coagulação/Floculação e Fenton. Revista de Química Industrial, v. 82, p. 11-17, 2014.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 01 de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2008.

Costa, F. M; CAMPOS, J. C. FONSECA, F.V; BILA, D. M. **Tratamento de lixiviados de aterros de resíduos sólidos utilizando Processos Fenton e Foto-Fenton Solar.** Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. Taubaté Brasil, v. 10, n. 1, 2015.

GARCIA, J. C., OLIVEIRA, J. L., SILVA, A. E. C., OLIVEIRA, C. C., NOZAKI, J., DE SOUZA, N. E. (2007). Comparative study of the degradation of real textile effluents by photocatalytic reactions involving UV/TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and UV/Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> systems. Journal of Hazardous Materials.

GUERRA FILHO, D. Estudo do Tratamento de Efluentes de Laticínio Utilizando Processos Oxidativos Avançados Integrados a Sistemas Biológicos (Lodos Ativados). 2007, 102 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial). Departamento Escola de Engenharia de Lorena, EEL-USP, São Paulo, 2007.

HERMOSILLA, D.; MERAYO, N.; ORDÓÑEZ, R.; BLANCO, A. Optimization of conventional Fenton and ultraviolet-assisted oxidation processes for the treatment of reverse osmosis retentate from a paper mill. Waste Management. Vol. 32, p. 1236–1243, 2012.

LOPEZ, A., MASCOLO, G., DETOMASO, A., Lovecchio, G., Villani, G. Temperature activated degradation (mineralization) of 4-chloro-3-methyl phenol by Fenton's reagent. Chemosphere, v.59 p.397-403, 2004.

LOURES, C. C. A. Estudo da Aplicação de UV/FENTON (Fe<sup>2+</sup> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) no Tratamento de Efluentes de Laticínio. 2011, 229f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2011.

Maus, V. W. et al. Tratamento do lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos por processo Fenton. TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 13, n.1, 2009.

QUEIROZ, M. T. A; FERNANDES, C. M; ALVIM, L. B; COSTA, T. C; AMORIM, C. C. Produção mais limpa: Fenton homogêneo no tratamento de efluentes têxteis. VIII Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. 2011.

PERA-TITUS, M., GARCÍA-MOLINA, V., BAÑOS, M. A., GIMÉNEZ, J., ESPLUGAS, S. Degradation of chlorophenols by means of advanced oxidation processes: a general review. Applied Catalysis B: Environmental, v. 47, p. 219 - 256, 2004.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. V.1: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

Maksoud E. T. B. Pereira. Estimativa de custos do tratamento de efluentes da indústria farmacêutica por osmose inversa. Departamento de Engenharia Química, UFRJ.; p. 11 - 12, 2021.