

## Comparação de diferentes coagulantes no tratamento do efluente de laticínio por flotação a ar dissolvido

## Comparison of different coagulants in the dissolved air flotation treatment of dairy effluent

### RESUMO

**Victor Oliveira Silva Gonçalves**  
[vgoncalves@alunos.utfpr.edu.br](mailto:vgoncalves@alunos.utfpr.edu.br)  
Discente do curso de Engenharia Ambiental  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Edilaine Regina Pereira**  
[edilainepereira@utfpr.edu.br](mailto:edilainepereira@utfpr.edu.br)  
Profa. Dra. do curso de Engenharia Ambiental  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Maria Christina Andrade**  
[mariaandrade@alunos.utfpr.edu.br](mailto:mariaandrade@alunos.utfpr.edu.br)  
Estudante do curso de Engenharia Ambiental  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Com a necessidade de tratar o efluente gerado na produção da indústria de laticínios, esta pesquisa teve como objetivo analisar a eficiência de remoção da cor aparente e turbidez sob a ação de diferentes coagulantes orgânicos e inorgânicos, sendo eles o Tanino, o Cloreto Férrico e o BONDERITE S-WT 8723 WATER TRATAMENT (P3 FERROCRYL). O ensaio foi realizado em um Flotateste, simulando os processos de coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido. O mesmo foi realizado em duplicata e os resultados estatísticos analisados através do programa R por meio da análise de variância ANOVA. Os resultados demonstraram-se satisfatórios para todos os coagulantes na remoção dos parâmetros turbidez e cor aparente, sendo que o coagulante P3 FERROCRYL obteve o melhor resultado atingido remoção de aproximadamente 92% e 91% para cor aparente e turbidez, respectivamente. Após o tratamento estatístico, afirma-se que para o método utilizado o coagulante que demonstrou mais eficiente foi o P3 FERROCRYL.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coagulante. Flotação. Laticínios.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



### ABSTRACT

With the need to treat the effluent generated in the dairy industry production, this research aims to analyze the apparent color removal and turbidity under action of cogulants, organics and inorganic, being them the Tannin, Ferric Chloride and the BONDERITE S-WT 8723 WATER TRATAMENT (P3 FERROCRYL). The test performed on a Flotatest, simulating the processes of coagulation, flocculation and flotation. It was performed in duplicate and the statistical results analyzed through the program R by ANOVA analysis of variance. The results were satisfactory for all cogulants to remove turdity and apparent color, whereas the coagulante P3 obtained the best results achieved removal 92% and 91% for apparent color and turbidity, respectively. After the statistical treatment, it is stated that for the method used the coagulant that proved to be most efficient is P3 FERROCRYL.

**KEYWORDS:** Coagulants. Flotation. Dairy products.

## INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe de uma vasta área territorial e, devido a um conjunto de fatores geológicos e climáticos, a economia é baseada na produção de commodities. Existe uma grande produção e investimentos na indústria láctea no Brasil e de acordo com a EMBRAPA (2017) em 2017 foi produzido cerca de 33 bilhões de litros de leite, estando na quarta colocação do ranking mundial do mesmo ano, sendo que a região que mais contribuiu foi a região Sul do país produzindo 12.626 bilhões de litros de leite e ainda 4.826 bilhões foram produzidos no Estado do Paraná (segundo maior produtor do Brasil). A Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil prevê que tal produção deva crescer entre 2% e 2,5% em relação a 2017.

No tocante à produção do setor, a descarga de efluentes industriais é o principal impacto ambiental, onde a CETESB prevê cerca de 1 a 6L de despejo por litro de leite processado variando de acordo com o tipo do produto, brancos (leite, cremes e iogurtes), amarelos (manteiga e queijos) e especiais (soro e produtos lácteos desidratados).

Esse tipo de efluente é caracterizado pela alta concentração de matéria orgânica elevando teores de óleos, graxas, além do odor bem marcante devido a decomposição da caseína. O despejo direto do mesmo em corpos hídricos alteram características biológicas provocando danos como a eutrofização, por exemplo (CETESB, 2008).

O tratamento da água residuária gerada pode ser realizado em sua maioria em duas etapas onde primariamente acontece a remoção de sólidos suspensos e gorduras em processos físico-químicos podendo conter ou não coagulantes e num tratamento secundário a remoção de nutrientes e matéria orgânica dissolvida degradando-se em contato com microrganismos (ANDRADE, 2011).

Dessa forma, a seguinte pesquisa objetivou otimizar o processo primária do tratamento através da adição de coagulantes inorgânicos como *Cloreto Férrico* e *BONDERITE S-WT 8723 WATER TRATAMENT (P3 FERROCRYL)* e um coagulante orgânico, o Tanino, em um sistema de flotação por ar dissolvido.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização da seguinte pesquisa, foi utilizado efluente proveniente da uma indústria de laticínios localizada em Londrina no Norte do Paraná, sendo os ensaios acondicionados no Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Londrina.

Foi realizado um pré ensaio de coagulação/floculação, a fim de determinar as concentrações dos coagulantes que mais se adequavam a este tipo de efluente. Como solução mãe foi utilizado  $10\text{mL L}^{-1}$  para o Tanino e *Cloreto Férrico*; já para o P3 utilizou-se  $1\text{mg L}^{-1}$ . As concentrações dos coagulantes foram de  $6\text{mL L}^{-1}$  para o Tanino e *Cloreto Férrico* e de  $8\text{mL L}^{-1}$  de P3.

Os ensaios de flotação (Figura 1) por ar dissolvido foram realizados a partir da adaptação da metodologia de CENTURIONE FILHO e DI BERNARDO (2002). Inicialmente a câmara de saturação foi preenchida com água destilada, em seguida com o compressor de ar ligado saturou-se a água destilada por aproximadamente 10min; com os registros fechados atingiu-se a pressão desejada no interior da câmara para a recirculação e conectou-se as mangueiras condutoras ao Jar Teste, onde ocorreu o processo de coagulação, floculação e flotação. A taxa de recirculação foi definida em 20% (400mL) e a velocidade ascensional de 5cm min<sup>-1</sup>.

Figura 1 – Flotateste



Fonte: Autoria Própria (2019).

Os parâmetros analisados foram cor aparente e turbidez, foram analisados de acordo com APHA (2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma melhor análise comparativa, os dados brutos estão dispostos na Tabela 1.

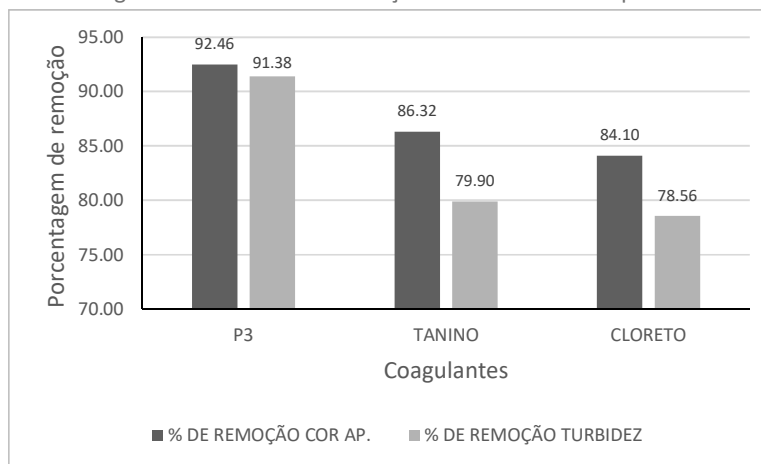
Tabela 1 – Dados bruto do efluente de laticínio

Parâmetro	Valor
Turbidez (NTU)	416
Cor aparente (mgPtCo L <sup>-1</sup> )	2584

Fonte: Autoria Própria (2019).

Para efeito comparativo dos dados brutos após o tratamento, a Figura 2 demonstra a porcentagem de eficiência de remoção dos parâmetros turbidez e cor aparente.

Figura 2 – Eficiência de remoção de turbidez e cor aparente



Fonte: Autoria Própria (2019).

Na Figura 2, a eficiência de remoção dos parâmetros cor aparente e turbidez seguiram a mesma tendência em relação ao coagulante utilizado, no processo de flotação o coagulante que obteve melhor desempenho para ambos os parâmetros foi o P3 alcançando 92,46 % e 91,38 % de remoção de cor aparente e turbidez respectivamente. Já o Tanino apresentou remoções de 86,32% de cor aparente e 79,90% de turbidez, contra 84,10% de cor aparente e 78,56% de turbidez para o cloreto férrico, o que indica que, mesmo sendo um coagulante orgânico, o Tanino mostrou-se mais eficiente em relação ao Cloreto Férrico

Os resultados estatísticos para os parâmetros cor aparente e turbidez podem ser observados nas Tabela 2 (a e b) e 3 (a e b), respectivamente.

Tabela 2a – Resultados estatísticos apresentados para o parâmetro cor aparente análise da ANOVA.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	2	46882	23441,2	1057,50	0,0009447
Bloco	1	2481	2480,7	111,91	0,0088178
Residuo	2	44	22,2		
Total	5	49407			

Fonte: Autoria Própria (2019).

Tabela 2b – Teste Tukey para o parâmetro cor aparente após análise da ANOVA.

Tratamento	Medias
Cloreto	397,5 a
Tanino	342 b
P3	188,5 c

Fonte: Autoria Própria (2019).

Tabela 3a – Resultados estatísticos apresentados para o parâmetro turbidez análise da ANOVA.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	2	3438,4	1719,21	48,89	0,020044
Bloco	1	93,6	93,61	2,662	0,244345
Residuo	2	70,3	35,17		
Total	5	3602,4			

Fonte: Aatoria Própria (2019).

Tabela 3b –Teste Tukey para o parâmetro turbidez após análise da ANOVA.

Cloreto	89,20 a
Tanino	83,60 a
P3	35,85 b

Fonte: Aatoria Própria (2019).

Como exposto nas Tabelas 2a e 2b, para o parâmetro cor aparente podemos afirmar que o Cloreto Férrico, Tanino e P3 FERROCRYL são estatisticamente diferentes entre si, analisando os valores médios sobressaiu-se o P3 como o melhor resultado. Já analisando as Tabelas 3a e 3b para o parâmetro turbidez, os coagulantes testados obtiveram outro comportamento, sendo o Tanino e o Cloreto Férrico estatisticamente iguais, enquanto o P3 apresentou diferenças.

## CONCLUSÃO

Para o tratamento de efluentes provenientes da indústria de laticínios de acordo com os resultados obtidos o coagulante inorgânico P3 FERROCRYL demonstrou grande eficiência na remoção dos parâmetros. Apesar disso, diante dos resultados o Tanino pode vir a ser uma boa alternativa de coagulante orgânico a ser aplicado no tratamento efluentes lácteos uma vez que trata-se de um coagulante biodegradável e que não produzirá lodos com elevada taxa de poluição quando retornados ao meio ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina por disponibilizar o laboratório e os equipamentos para a realização da pesquisa e à CONFEPAR por ceder o efluente para a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. H. **Tratamento de efluentes de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reúso**. 214 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFU, Belo Horizonte, 2011.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22a ed. Washington, 2012 American Public Health Association. 1082p., 2012.

C. FILHO, P. L.; DI BERNARDO, L. **Procedure for tests of dissolved air flotation and filtration at bench scale**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Vol. 8 - Nº 1 - jan/mar 2003 e Nº 2 - abr/jun, p.39-44, 2003.

CETESB. **Guia Técnico Ambiental de Produtos Lácteos – Série P+L**. São Paulo: CETESB, p.49-50, 2008.

EMPRABA GADO DE LEITE. **Anuário Leite 2017**. Editora Texto Comunicação Corporativa, p.30-31, 2018.

DIÁRIO COMÉRCIO INDÚSTRIA & SERVIÇOS (São Paulo). Produção de leite deve crescer 2,5% em 2018. Disponível em:  
<<https://www.dci.com.br/agronegocios/producao-de-leite-deve-crescer-2-5-em-2018-1.678497>>. Acesso em: 22 jul. 2019.