

II-460 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE COAGULANTES ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

Cristiane Lisboa Giroletti⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC). Mestra e doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Jean Carlo Salomé dos Santos Menezes⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Larissa Raiana Schmigel Pitanga⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Química na Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC).

Beatriz Lima Santos Klienchon Dalari⁽⁴⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC). Mestra e doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Maria Eliza Nagel Hassemer⁽⁵⁾

Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora adjunta no departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

RESUMO

A coagulação é um dos processos fundamentais no tratamento de água e de efluentes, sendo caracterizado pelo baixo custo e eficácia na remoção de diversos contaminantes. Os agentes químicos mais utilizados neste tipo de processo são sais de alumínio e de ferro. Contudo, as interações destes sais inorgânicos com partículas coloidais originam lodos não biodegradáveis e compostos bioacumulativos que podem causar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Os coagulantes orgânicos surgem como substitutos promissores de coagulantes tradicionais. O presente estudo objetivou avaliar a eficiência de dois coagulantes orgânicos aplicados no tratamento de efluentes da indústria de papel e celulose. Sendo um dos coagulantes de origem comercial da marca Acquapol e outro produzido em escala laboratorial a base de taninos extraídos de engaços de uva (POC). A caracterização físico-química do efluente bruto e tratado foi realizada pelos parâmetros de pH, Cor, DQO e turbidez. Os ensaios de coagulação foram realizados em um jar teste e a concentração dos coagulantes foi de 500 mg.L⁻¹. Ambos os agentes coagulantes se mostraram efetivos no processo de coagulação do efluente da indústria de papel e celulose. Os índices de remoção de cor variaram entre 48% para o POC e 78% para o Acquapol. Para turbidez remoção máxima foi de 27% e 89%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulação, efluente industrial, coagulantes orgânicos, papel e celulose.

INTRODUÇÃO

A água é um elemento indispensável para a sobrevivência dos seres vivos. É também fundamental para o desenvolvimento econômico, social e político de um país. Entretanto, o desperdício, a geração de resíduos e o crescimento demográfico vêm contribuindo de forma acelerada para a escassez deste recurso. As atividades industriais também contribuem constantemente com o consumo excessivo de água, bem como possuem potencial de comprometer sua qualidade, devido à geração de grandes volumes de efluentes. Os despejos de efluentes sem o tratamento adequado podem provocar danos ambientais de grande proporção, ou até mesmo danos irreversíveis ao meio ambiente.

Os processos físico-químicos são amplamente empregados nas estações de tratamento de água de abastecimento e também constituem uma opção atraente para o tratamento de efluentes industriais, atendendo as necessidades de indústrias que buscam adequação e cumprimento dos requisitos ambientais no que tange o lançamento de efluentes. Com grande aplicabilidade em sistemas ambientais, os métodos de sedimentação e flotação, coagulação, precipitação e filtração representam um conjunto de técnicas caracterizados pelo baixo custo de implantação, operação e eficácia na remoção de diversas substâncias presentes nas águas.

A coagulação é uma operação de tratamento físico-químico responsável por desestabilizar partículas coloidais suspensas, neutralizando suas cargas e dispersando outras substâncias presentes no meio aquoso. O processo ocorre pela adição de agentes químicos, denominados eletrólitos (Metcalf e Eddy, 2003). Tipicamente os coagulantes mais utilizados na coagulação são sais inorgânicos tais como: sulfato de alumínio (Al_2SO_4^3) e cloreto férrico (FeCl_3), bem como sintéticos e poliacrilamidas (Beltrán-Heredia et al., 2011). Contudo, estes agentes coagulantes geram impactos adversos ao meio ambiente e à saúde pública (Abhilash e Mansoor, 2015; Kakoi et al., 2017). O grande volume de lodo de natureza inorgânica não biodegradável pode apresentar toxicidade ao meio. Já para a saúde humana, diversas doenças estão relacionadas ao acúmulo de compostos inorgânicos no organismo.

Uma alternativa interessante que visa melhorar o processo tradicional de coagulação nas estações de tratamento de água e de efluentes é a adoção de novos agentes coagulantes. Há uma tendência na substituição dos coagulantes inorgânicos por coagulantes de origem vegetal. O uso de coagulantes orgânicos preparados a partir de produtos naturais tem demonstrado vantagens em relação aos coagulantes químicos, especificamente em relação a biodegradabilidade, baixa produção do lodo, consumo da alcalinidade e ainda a baixa toxicidade (Graham et al., 2008; Choy et al., 2014). Outro fator importante em relação aos coagulantes orgânicos, diz respeito à matéria-prima para sua produção, que pode ser obtida a partir de fontes renováveis. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar a eficiência de dois coagulantes orgânicos aplicados no tratamento de efluentes da indústria de papel e celulose. Sendo um dos coagulantes de origem comercial da marca Acquapol e outro produzido em escala laboratorial a base de taninos extraídos de engaços de uva, aqui denominado POC (polímero orgânico catiônico).

METODOLOGIA

Efluente

As amostras de efluente foram coletadas no tanque de equalização do sistema de tratamento de uma indústria de papel e celulose localizada no meio oeste de Santa Catarina. A Figura 1 mostra o local de coleta das amostras.



Figura 1. Tanque de equalização- local de coleta das amostras do efluente bruto.

Ensaio de coagulação/floculação

Dois coagulantes orgânicos catiônicos foram avaliados no processo de coagulação/floculação. Sendo um deles de origem comercial da marca Acquapol e outro desenvolvido em escala laboratorial a partir de taninos extraídos de engaços de uva (POC). A concentração de ambos agentes coagulantes foi de 500 mg.L^{-1} . Os ensaios foram realizados em um jar teste da MILAN, modelo JT-203, composto por seis jarros e seis pás rotativas. Os testes de coagulação compreenderam as etapas de mistura rápida, mistura lenta e estabilização. A primeira etapa teve duração de 30 minutos com agitação de 100 RPM (rotação por minuto). Na segunda etapa, a agitação foi reduzida em 30 RPM por 10 minutos e pôr fim a rotação foi desligada para a etapa da estabilização, que teve duração de 20 minutos. Após este período de decantação, as amostras tratadas foram submetidas aos ensaios de cor, turbidez, pH, e demanda química de oxigênio (DQO), seguindo as recomendações descritas *Standard Methods* (APHA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização físico-química do efluente bruto coletado no tanque de equalização da indústria é apresentada na tabela.

Tabela 1. Características físico-químicas do efluente bruto.

Parâmetros	Efluente bruto	Unidade
Cor	1190	PtCo
DQO	1742	mg.L ⁻¹
pH	7,3	-
Turbidez	206	NTU

A caracterização inicial do efluente revelou uma alta coloração decorrente principalmente da lignina presente na madeira empregada como matéria prima na produção de papel e celulose. A DQO dos efluentes das indústrias de papel e celulose geralmente varia em função do processo produtivo. O pH na faixa da neutralidade está relacionado à adição de produtos químicos empregados no processo Kraft, principalmente o hidróxido de sódio (NaOH) e o sulfeto de sódio (Na₂S), uma base forte e um composto químico alcalino. Este parâmetro é de extrema relevância nos processos de coagulação, pois determina as condições ideais para formação dos flocos e a remoção máxima de poluentes (Aboulhassan et al., 2016). A Figura 2 mostra o efeito dos agentes coagulantes sob o pH do efluente.

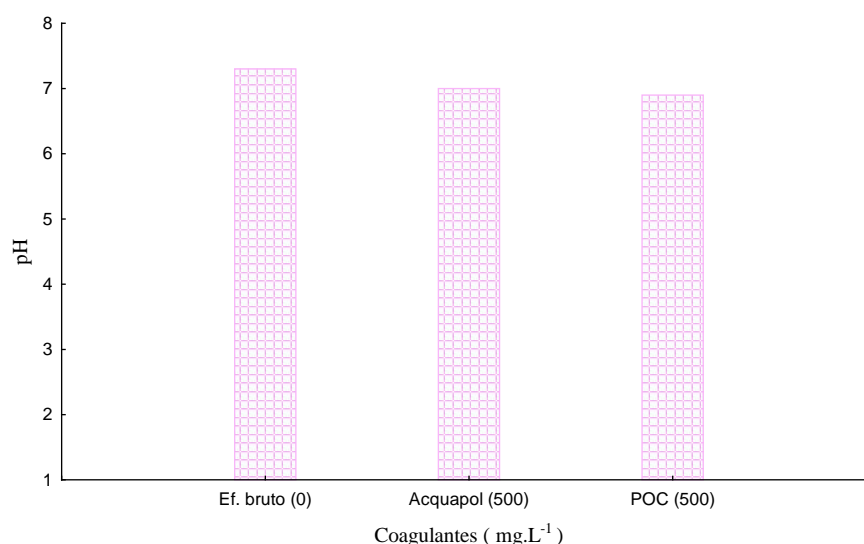


Figura 2. Comportamento do pH do efluente após adição dos agentes coagulantes.

É possível observar que os coagulantes avaliados não alteraram significativamente o pH das amostras, dispensando o uso de agentes químicos para correção do mesmo. Esta é uma das vantagens que os coagulantes orgânicos apresentam sobre os inorgânicos. De origem natural, estes agentes não possuem metais em sua estrutura, desta maneira não consomem alcalinidade do meio (Sánchez-Martín et al., 2013; Thakur e Choubey, 2014; Aboulhassan et al., 2016). A faixa de pH em torno de 7, mantida durante a adição dos coagulantes e após o processo de coagulação é considerada ótima para um tratamento subsequente, e também atende aos requisitos de lançamentos impostos pela legislação vigente (CONAMA nº430/2011). Outra questão importante referente à correção de pH diz respeito à viabilidade econômica do processo, neste caso não haveria um custo adicional com reagentes químicos para tal finalidade.

A Figura 3 apresenta as amostras de efluente bruto e coagulados, e a Figura 4 apresenta os índices de remoção e da cor e da turbidez do efluente após o processo de coagulação.

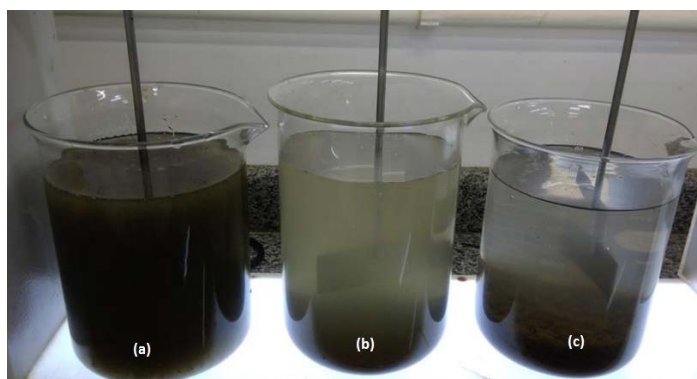


Figura 3. Jar teste com amostras de efluente bruto (a), efluente após coagulação com POC (b), efluente após coagulação com Acquapol (c).

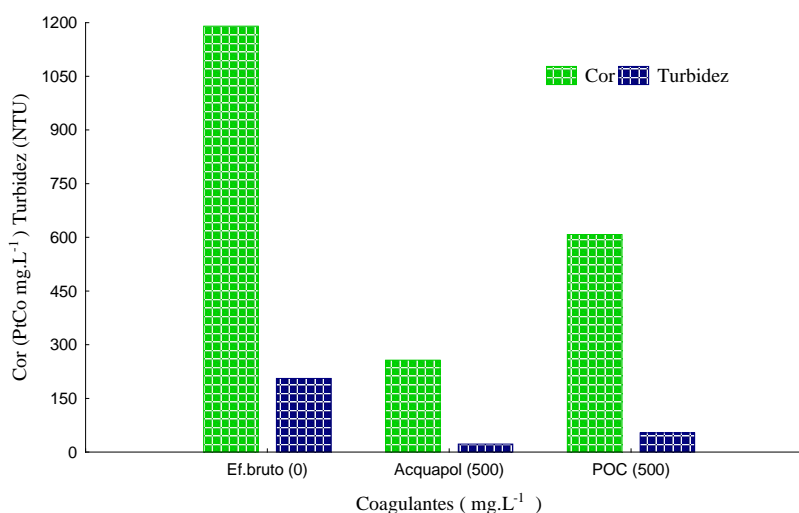


Figura 4. Remoção da cor e turbidez do efluente.

Ambos coagulantes orgânicos foram efetivos na remoção da cor e da turbidez do efluente. Entretanto o coagulante comercial Acquapol apresentou melhor desempenho removendo até 78% da cor e 89% da turbidez do efluente, enquanto que o POC removeu 48% da cor e 27% da turbidez. A efetividade do coagulante comercial para remoção destes parâmetros esteve associada ao tamanho dos flocos produzidos no processo. Os flocos gerados pelo POC eram menores quando comparados aos flocos gerados pelo Acquapol. Flocos maiores e mais densos sedimentam com maior facilidade e consequentemente aumentam os índices de remoção da cor e turbidez das amostras (Thakur e Choubey, 2015).

CONCLUSÕES

Os coagulantes orgânicos avaliados neste trabalho atuaram de forma efetiva em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este o processo responsável pela geração de flocos e consequente sedimentação e clarificação das amostras.

A efetividade de ambos os agentes testados é comprovada pela baixa alteração do pH do efluente, e pelos índices de remoção de cor e turbidez. Com destaque para o coagulante comercial Acquapol que removeu 78% da cor e 89% da turbidez, enquanto que o POC removeu 48% da cor e 27% da turbidez. Estes resultados revelaram também uma certa necessidade de aprimoramento na síntese de produção do POC, uma vez que o coagulante comercial apresentou flocos maiores e mais densos e consequentemente foi mais efetivo no processo de coagulação.

Em termos de segurança ambiental, o uso de coagulantes orgânicos representa maior segurança devido a ausência de metais em sua composição. O lodo proveniente de uma coagulação orgânica é biodegradável, e por não possuir resíduos de alumínio e ferro sua disposição final é facilitada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABHILASH T. N., MANSOOR A.M. The reuse of water treatment sludge as a coagulant for post-treatment of UASB reactor treating urban wastewater. *Journal of Cleaner Production*, v. 96, p. 272-281, 2015.
2. APHA - American Public Health Association – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: APHA, AWWA, WEF. 20. ed., 2005.
3. BELTRÁN-HEREDIA, J., SÁNCHEZ-MARTÍN, J., AND DÁVILA-ACEDO, M. A. Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. *Journal of Hazardous Materials*, v.186, p.1704-1712, 2011.
4. CHOY, S. Y., PRASAD, K. M. N., WU, T. Y., RAGHUNANDAN, M. E., RAMANAN, R. N. Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. *Journal of Environmental Sciences*, v.26, 2178-2189, 2014.
5. GRAHAM, N.; GANG, F.; FOWLER, G.; WATTS, M. Characterization and coagulation performance of a tannin-based cationic polymer: a preliminary assessment. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v.327, 9-16, 2008.
6. KAKOI, B.; KALULI, J.W.; NDIBA, P.; THIONG'O, G. Optimization of Maerua Decumbent bio-coagulant in paint industry wastewater treatment with response surface methodology. *Journal of Cleaner Production*, v.164, p.1124- 1134, 2017.
7. SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; BELTRÁN-HEREDIA, J.; COCO-RIVERO, B. New lab-made coagulant based on Schinopsis balansae and tannin extract: synthesis optimization and preliminary tests on refractory water pollutants. *Applied Water Science*, v.4, p. 261-271, 2013.
8. THAKUR, S. S.; CHOUBEY, S. *Applied Water Science*, v.4, p. 261-271, 2014. Use of Tannin based natural coagulants for water treatment: An alternative to inorganic chemicals, v.6, p. 3628-3634, 2014.