

Artigo

Utilização da Casca de *Pinus* para Extração de Taninos e aplicar como Coagulante no Tratamento do Efluentes Industriais

João, J. J.;* Júnior, W. S.

Rev. Virtual Quim., 2019, 11 (3), 1044-1053. Data de publicação na Web: 17 de junho de 2019

<http://rvq.sbq.org.br>**Utilization of the *Pinus* Bark for Tannin Extraction to apply with as Coagulant in the Treatment of Industrial Effluents**

Abstract: Studies have shown that plant residues can be used for tannin extraction and applied as coagulants in the treatment of liquid effluents. In view of this scenario, the objective of this work was to use the bark of *Pinus* to make the extraction of tannins and to apply as coagulant in the treatment of industrial effluent. Initially the extraction of tannins from the *Pinus* bark was done using different solvents, such as 5 % sodium bisulfite, ethanol and water. The obtained tannins were used as coagulants in the treatment of effluents generated in a domestic sanitizing industry. The results showed that the removal of the contaminants increases as the tannin concentration increases in the medium, and the best results were observed between 3000 and 3500 mg L⁻¹. At the concentration of 3500 mg L⁻¹ of tannins, mean values for detergent removal were 98 %, color 96.4 %, turbidity 92.2 %, COD 85.1 % and BOD 91 %. However, at lower concentrations the removal values were lower. With these results, it was possible to lay out a proposal for an effluent treatment plant, which has the capacity to condition the effluent so that it can be reused in the company for non-potable purposes.

Keywords: Effluents treatment; water reuse; contaminants.

Resumo

Estudos vêm demonstrando que os resíduos vegetais podem ser utilizados para extração de tanino e ser aplicado como coagulantes no tratamento de efluentes líquidos. Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi utilizar a casca de *Pinus* para fazer a extração de taninos e aplicar como coagulante no tratamento de efluente industriais. Inicialmente foi feito a extração de taninos da casca de *Pinus* utilizando diferentes solventes, como bissulfito de sódio 5 %, etanol e água. Os taninos obtidos foram utilizados como coagulantes no tratamento de efluentes gerados em uma indústria de saneantes domissanitários. Os resultados obtidos mostraram que a remoção dos contaminantes aumenta à medida que se aumenta a concentração de tanino no meio, sendo que os melhores resultados foram observados entre 3000 a 3500 mg L⁻¹. Com a concentração de 3500 mg L⁻¹ de taninos, os valores médios para remoção de detergente foi 98 %, cor 96,4 %, turbidez 92,2 %, DQO 85,1 % e DBO 91 %. Entretanto, para concentrações menores os valores de remoção foram inferiores. Com estes resultados, foi possível esquematizar uma proposta de estação de tratamento de efluentes, que apresenta a capacidade de condicionar o efluente para que possa ser reutilizado na empresa para fins não-potáveis.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes; reuso de água; contaminantes.

* Universidade do Sul de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Campus Tubarão, CEP 88704-900, Tubarão-SC, Brasil.

✉ jair.joao@unisul.br

DOI: [10.21577/1984-6835.20190070](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190070)

Utilização da Casca de *Pinus* para Extração de Taninos e aplicar como Coagulante no Tratamento do Efluentes Industriais

Jair Juarez João,* Walter Satiro Júnior

Universidade do Sul de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Campus Tubarão, CEP 88704 900, Tubarão-SC, Brasil.

* jair.joao@unisul.br

Recebido em 1 de março de 2019. Aceito para publicação em 2 de maio de 2019

1. Introdução

2. Material e Métodos

- 2.1. Determinação dos teores de extrativos
- 2.2. Determinação do teor de taninos pelo método de Stiasny
- 2.3. Tratamento de efluentes
- 2.4. Análise estatística

3. Resultados e Discussão

- 3.1. Otimização do processo para o tratamento de efluentes
- 3.2. Proposta para estação de tratamento de efluentes

4. Conclusão

1. Introdução

O crescimento populacional e os avanços tecnológicos industriais têm contribuído muito para o consumo exagerado de água, necessidade que não pode ser atendida somente pelo ciclo hidrológico natural.¹ Além disso, grande parte da água de uso doméstico e industrial retornam aos corpos hídricos como águas residuais, e representam uma enorme ameaça ao ecossistema e à saúde humana, caso não sejam tratados de forma adequada.² Como consequência, a qualidade da água superficial e subterrânea, tanto dos mares quanto dos rios e lagoas, são progressivamente prejudicadas pelos

poluentes, que são despejados pelas águas residuais domésticas e industriais.³ Dessa forma, as águas residuais necessitam passar por um tratamento de forma a se adequar as condições e aos padrões de lançamento de efluentes exigidos pela legislação brasileira do Conselho Nacional do Meio Ambiente.⁴

A indústria dos produtos saneantes domissanitários ou produtos de limpeza destacam-se como uma das indústria químicas de elevada importância para o desenvolvimento da civilização humana. Atualmente, existem uma grande variedade de produtos de limpeza, cada um com sua função específica para cada tipo de sujeira, material ou superfície diferente.⁵

O alto consumo dos produtos saneantes domissanitários pela sociedade contemporâneas vêm transformando os efluentes domésticos em efluentes com características industriais, principalmente, quando se considera os riscos que estes podem introduzir nas águas por meio dos componentes tóxicos, direto ou indiretamente ao homem e a biota.⁶ De forma geral, este tipo de efluente é o que apresenta o maior impacto ambiental e, normalmente, suas toxicidades estão associadas aos possíveis efeitos sinérgicos dos compostos orgânicos e inorgânicos racalcitrantes.⁷

Os efluentes líquidos gerados pelas empresas de saneantes domissanitários, geralmente provêm das águas de lavagem dos tanques e misturadores de produção, recipientes utilizados na separação de matérias-primas e da lavagem do piso da fábrica, onde ocorrem derramamentos de produtos no envase ou, até mesmo vazamentos na armazenagem dos produtos.⁸ Este efluente gerado apresenta elevada carga de matéria orgânica, constituída principalmente por pigmentos, espessantes, corantes, dispersantes, surfactantes, bases de amaciantes, aromatizantes, sais inorgânicos e agentes antimicrobianos, que quando não tratados de forma correta provoca contaminação dos corpos receptores e dos mananciais.⁹

Diferentes metodologias são descritas na literatura para tratamento de efluentes industriais, como os tratamentos físico-químicos convencionais, tratamento secundário (filtros biológicos e lodos ativados) e terciário.¹⁰ Entretanto, muitos destes métodos não são totalmente eficientes quando o efluente apresenta baixo conteúdo de partícula coloidal suspensa e alta concentração de compostos orgânicos e detergentes.¹¹

Os métodos de coagulação tradicionais, utilizando sais de alumínio e ou ferro, permitem a clarificação do efluente gerado nas empresas de produtos saneantes domissanitários. Porém, o lodo residual formado com estes coagulantes, apresentam elevadas concentrações de alumínio ou ferro,

normalmente entre 10.000 a 50.000 mg kg⁻¹, gerando preocupações com a sua disposição final.¹² Assim, existe um grande interesse no desenvolvimento de novos produtos que possam ser utilizados como coagulantes no tratamento de efluentes industriais, e que não apresente problemas ambientais como os sais de alumínio e ferro. Estudos vêm mostrando que os resíduos vegetais podem ser utilizados para extração de tanino e aplicado como coagulante no tratamento de efluentes líquidos.¹³ A vantagem da utilização de tanino em substituição de sais de alumínio e ou ferro é devido à biodegradabilidade do composto. Além disso, o lodo gerado no processo pode ser utilizado na agricultura.¹⁴

Assim, o objetivo deste trabalho foi reaproveitar a casca de *Pinus* para fazer a extração dos taninos e utilizar como coagulante no tratamento do efluente gerado na indústria de saneantes domissanitários, visando o reuso da água e do lodo como substrato na agricultura.

2. Material e Métodos

As cascas de *Pinus* foram coletadas em uma madeireira na região sul de Santa Catarina. Posteriormente, as amostras foram secas através de uma estufa de circulação de ar a 40 °C, por um período de 24 horas. Após a secagem, as cascas de *Pinus* foram moídas com o objetivo de deixá-las mais homogêneas possíveis.

Para fazer as extrações foram utilizados três solventes: bissulfito de sódio a 5 % (m/m), etanol a 60 % (v/v) e água. As extrações foram feitas sob refluxo, temperatura aproximadamente de 100 °C, utilizando um balão de fundo chato de 500 mL, com 100 mL de solvente e 20 g de amostra por um período de duas horas. Após este período, o solvente foi removido sob pressão reduzida em um evaporador rotatório, e as amostras obtidos foram pesados para a determinação do teor de extrativos.

2.1. Determinação dos teores de extrativos

Para determinação dos extrativos, uma alíquota de 5 g do extrato bruto foi colocada em uma placa de petri previamente tarada e, posteriormente, na estufa à 103 ± 2 °C, até obter o peso constante. A massa de extrativos foram obtidos pela diferença entre a massa da placa de petri antes e depois de ser levada à estufa, onde obteve-se a quantidade em 5 g de solução. A partir desses dados obtidos foi possível calcular a porcentagem.

2.2. Determinação do teor de tanino pelo método de Stiasny

Para determinação do teor de tanino, uma amostra de 50 mL do extrato bruto foi colocada em um balão de fundo chato de 250 mL, onde foram adicionados 4 mL de formaldeído (37 %) e 1 mL de ácido clorídrico concentrado, mantida sob refluxo a 100 °C e agitação constante durante 30 minutos. O precipitado tanino-formaldeído foi filtrado com papel-filtro quantitativo de filtração média. Após a filtração, o papel filtro juntamente com o precipitado foi submetido à secagem a uma temperatura de 103 ± 2 °C até obter a massa constante. O percentual de tanino condensado contido nos extratos ou número de Stiasny (NS) foi determinado pela razão entre a massa de tanino e a massa dos extrativos totais extrapolada para 50 mL e o resultado convertido em porcentagem, segundo a equação 1.¹⁵

$$(\%) = \frac{\text{massa de tanino}}{\text{massa de extrativos totais}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: NS = Número de Stiasny (%)

2.3. Tratamento de efluentes

Todos os experimentos de coagulação foram realizados utilizando efluentes líquidos gerados em uma empresa de produção de saneantes domissanitários, localizada no município de Capivari de Baixo, Santa Catarina. As coletas foram feitas de acordo com as recomendações da NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987),¹⁶ e NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987).¹⁷

O coagulante utilizado foi o tanino vegetal extraído da casca de *Pinus*. Para a otimização da dosagem do coagulante foram realizados ensaios de coagulação/floculação em *Jar Test*. Em cada jarro foram colocados 300 mL de amostra e diferentes quantidades de coagulante, entre 1000 a 3500 mg L⁻¹, sob

mistura rápida de 5 segundos com uma rotação de 60 rpm e, posteriormente, uma agitação lenta de 10 rpm durante 15 minutos. Após ocorrer floculação foi aguardado a sedimentação do lodo. Os experimentos foram monitorados através das análises de cor e turbidez. A sedimentação do lodo formado também foi um fator considerado para seleção da melhor dosagem do coagulante.

Após a sedimentação do lodo, as amostras foram filtradas e realizados os ensaios de cor, turbidez, pH, detergente, sólidos suspensos, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio medida a 5 dias (DBO5). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

As análises foram realizadas de acordo com os procedimentos do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 22 Edition* (APHA, 2012),¹⁸ utilizando espectrofotômetro 190 - 1100 nm PHARO 300 (Merck). Os valores para Demanda Bioquímica

de Oxigênio (DBO) foram investigados por Respirômetros Oxitop. Os valores de pH da água foram medidos utilizando o medidor portátil de pH, marca HANNA.

2.4. Análise estatística

Todas as análises foram conduzidas em triplicata. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5 % de significância com nível de confiança igual a 95 %, seguido pelo teste de Tukey, para comparação das médias. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando Software Oringin 6.1.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos com as extrações, utilizando diferentes solventes são mostrados na Tabela 1. Analisando os resultados podemos observar que o etanol foi o melhor solvente para a extração do tanino da casca de *Pinus*. Comparando os resultados obtidos, observa-se uma diferença significativa quando à extração foi realizada em meio básico, utilizando bissulfito de sódio 5 %. Em meio básico o teor de taninos foi de 11,9 %; enquanto que em meio alcoólico foi 23,8 % e em água de 16,7 %. O menor resultado obtido na extração de taninos com bissulfito de sódio, pode ter ocorrido devido a hidrólise básica dos taninos hidrolisáveis, o que pode levar a diminuição da concentração de taninos não hidrolisados no extrato bruto.

Tabela 1. Resultados das extrações de taninos da casca do *pinus*

Solventes utilizados	Resultados obtidos pelo método de Stiasny
Etanol 60 %	23,8 ± 3,2
Bissulfito de sódio 5 %	11,9 ± 1,8
Água	16,7 ± 2,2

Posteriormente, os taninos extraídos foram cationizados através da reação de *Mannich*. De acordo com literatura, taninos catiônicos podem ser fontes de novos agentes coagulantes e com grande potencial no tratamento de efluentes industriais.¹⁴

3.1 Otimização do processo para o tratamento de efluentes

Os resultados obtidos para as análises do efluente bruto e após a realização do ensaio de *Jar Test* são mostrados na Tabela 2.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, o efluente bruto é levemente básico (pH 7,2). Além disso, os valores das médias das concentrações dos contaminantes

são expressivas em termos de poluentes hídricos, com teores de detergentes de 38 mg L⁻¹, cor 280 Hz, turbidez 103 FAU, demanda química de oxigênio 3920 mg L⁻¹, demanda bioquímica de oxigênio 603 mg L⁻¹. Estes resultados mostram, que este tipo de efluente pode ser considerado um agente de poluição de águas, caso não sejam tratados de forma adequada. Na literatura, vários métodos como eletrólise, precipitação, coagulação com sais metálicos, troca iônica, etc., são aplicadas para remoção de contaminantes de efluentes líquidos.¹⁹ Entretanto, muitos destes métodos geram novos problemas ou grande quantidade de resíduos, sendo assim, agressivo ao meio ambiente.²⁰ A vantagem da utilização de tanino em substituição a outros tipos de coagulantes, é devido à biodegradabilidade do lodo gerado e, além disso, pode ser reaproveitado na agricultura.

Tabela 2. Resultados obtidos após a realização do ensaio de *Jar Test* utilizando diferentes concentrações de taninos (média de três experimentos)

Parâmetros	Efluente Bruto	2000 mg L ⁻¹	2500 mg L ⁻¹	3000 mg L ⁻¹	3500 mg L ⁻¹
pH	7,2	7,1	7,0	7,0	7,0
Detergente (mg L ⁻¹)	38	19,0	14,0	8,0	2,0
Cor (Hz)	280	34,0	29,0	14,0	10,0
Turbidez (FAU)	103	26,0	13,0	12,0	8,0
Sól. Susp. (mg L ⁻¹)	< 250	< 25	< 25	< 25	< 25
DQO (mg L ⁻¹)	3920	1985,2	785,6	647,92	583,4
DBO (mg L ⁻¹)	603	308,2	108,8	80,4	54,4

Após a caracterização do efluente bruto foram realizados ensaios de *Jar Test*, conforme descrito no item 2.3. A definição da concentração do coagulante em um processo de tratamento de efluente líquido, é um dos parâmetros mais importante para avaliação da remoção das impurezas como detergente, cor, turbidez, matéria orgânica e sólidos solúveis e suspensos. Os resultados mostraram que a dosagem do coagulante depende muito da natureza da concentração dos contaminantes presentes no efluente bruto, não sendo possível inicialmente, estabelecer um valor padrão. Por esta razão, os estudos foram realizados variando a concentração de taninos entre 2000 a 3500 mg L⁻¹.

A influência da concentração de tanino na remoção dos contaminantes é apresentada na Tabela 2. De acordo com os resultados, ficou evidente que a eficiência na remoção dos contaminantes aumenta à medida que aumenta a concentração de tanino no meio, sendo que os melhores resultados foram obtidos entre 3000 a 3500 mg L⁻¹. Com 3500 mg L⁻¹ de taninos, os valores médios obtidos para remoção de detergente foi 94,7 %, cor 96,4 %, turbidez 92,2 %, DQO 85,1 % e DBO 91 %. Além disso, os valores obtidos para os parâmetros analisados para água tratada estão de acordo com as condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecido pela legislação brasileira (CONAMA).⁴

Entretanto, em concentrações menores os valores foram inferiores. Por exemplo, com a concentração de 2000 mg L⁻¹ de tanino e nas mesmas condições de pH, os valores obtidos para remoção de detergentes foi de 50 %, cor 88 %, turbidez 75 % DQO 49 % e DBO 51 %.

A excelente performance na remoção de DBO, detergentes, cor, turbidez e sólidos, utilizando 3500 mg L⁻¹ de taninos, é devido a uma melhor interação físico-química da matéria orgânica com a espécie coagulante. Os taninos atuam nas partículas coloidais do sistema, neutralizando as cargas e formando pontes entre elas, sendo este o processo é responsável pela formação de flocos e consequente sedimentação.

De modo geral, os resultados demonstraram que é possível reduzir acima 90 % o teor de matéria orgânica e de outros contaminantes presentes no efluente, possibilitando assim, a reutilização da água em outras atividades, tais como lavagem do pátio, pisos e caminhões da empresa, etc.

É importante relatar, que não está especificado na legislação brasileira, valores limites para reutilização de água residual tratada.²¹ Isto sugere que para fazer o reuso da água o tratamento deve ser aplicado de forma a reduzir significativamente a contaminação e apresente qualidade suficiente para atender as necessidades requeridas para determinados fins.

Em países como Estados Unidos, também existem problemas relacionados ao abastecimento de água, onde mecanismos motivadores foram estabelecidos para a implementação de programas para reutilização de águas residuais industriais. A Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA),²² estabeleceu em 2012 as diretrizes

para reutilização de águas residuais Industriais, onde os limites para o DBO e sólidos suspensos após a desinfecção deve ser inferior 30 mg L^{-1} e pH 6 a 9.

A aparência da água durante os ensaios de floculação em diferentes concentrações de taninos, podem ser visualizadas na Figura 1.

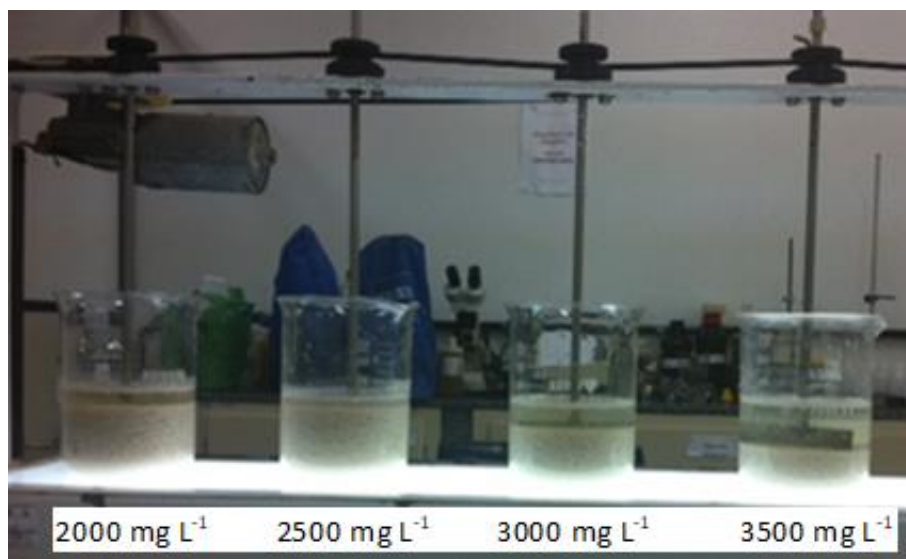


Figura 1. Resultados do ensaio de floculação do efluente bruto, tratados com 2000, 2500, 3000 e 3500 mg L^{-1}

Após os ensaios com *Jar Test*, as amostras foram filtradas para remover as espécies

floculadas e analisadas, conforme mostrado na Figura 2.



Figura 2. Imagens comparativas do efluente líquido bruto, floculado e tratado com 3500 mg L^{-1} de taninos

3.2. Proposta para estação de tratamento de efluentes

Com os resultados obtidos, foi possível esquematizar um fluxo para propor uma estação de tratamento de efluentes que apresente capacidade de condicionar o efluente líquido, para que possa ser

reutilizado para fins não-potáveis. O ciclo de tratamento foi estabelecido com o objetivo adequar o efluente de descarte aos requisitos exigidos pelas legislações

Um diagrama esquemático para o tratamento do efluente de saneantes utilizando taninos, pode ser visualizada na Figura 3.

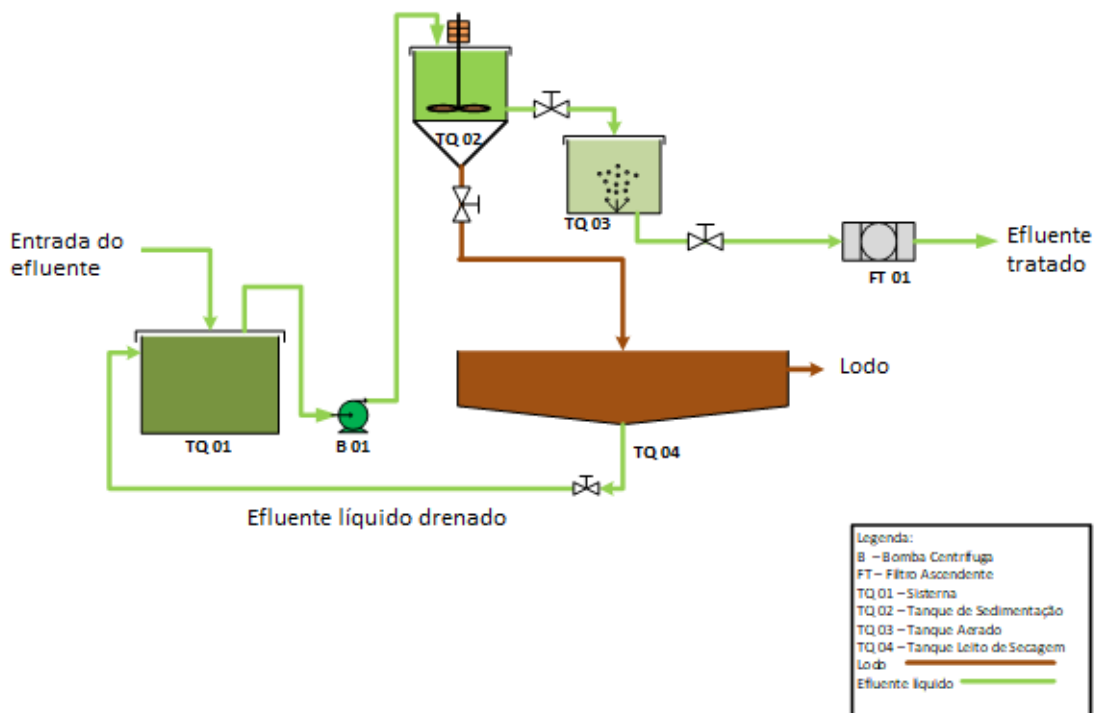


Figura 3. Diagrama esquemático proposto para o tratamento de efluentes da empresa de saneantes domissanitários

Inicialmente, o efluente bruto será enviado para uma caixa para equalização e, posteriormente, através de bomba centrífuga enviado para um segundo tanque onde será feita a floculação com adição do agente coagulante (tanino). Após adição do coagulante, o efluente será agitado a uma velocidade angular de 10 rpm, durante 30 minutos. Após este período, cessa a agitação e inicia-se então o processo de sedimentação do lodo, que leva em média 1 hora.

Após a sedimentação do lodo, o efluente clarificado é enviado para um filtro rápido, descendente, de camadas tripla de brita, carvão e areia. Este filtro tem como objetivo

remover do líquido clarificado, partículas que não sedimentaram com eficiência ou mesmo pequenos resíduos de materiais flotados. Após filtração, o efluente tratado é encaminhado para uma caixa de água (reservatório) e recebe a adição de um agente de desinfecção (cloro). O lodo produzido é enviado para um leito de secagem, com objetivo de aumentar a concentração de sólidos totais. O líquido drenado será enviado novamente ao tanque de equalização para posterior tratamento.

Apesar da natureza ser capaz de degradar os resíduos orgânicos da floculação com taninos e, assim, reduzir os impactos

provocados pelos mesmos, alguns desequilíbrios ecológicos podem ocorrer em locais onde a capacidade de assimilação natural é alterada. Desta forma, o gerenciamento inadequado dos resíduos pode resultar na poluição do ar, água e do solo. Por outro lado, este material orgânico pode disponibilizar nutrientes, como o nitrogênio e carbono para as plantas, além de melhorar os atributos químicos e físicos do solo. Em alguns trabalhos apresentados na literatura, foi constatado que de acordo com suas características químicas e bioquímicas, o solo propicia as condições necessárias para a biodegradação destes resíduos.¹³ Estudos posteriores devem ser conduzidos com o objetivo de verificar o aproveitamento do lodo como insumo em processo de fabricação de subprodutos para outras atividades industriais.

O efluente líquido gerado pode ser utilizado novamente no processo, como água para lavagem de tanques, carros, pátio e pisos da empresa. Por configurar um reuso direto da água a USEPA (Unites States Environmental Protection Agency) não recomenda o seu uso para fins de potabilidade. Com essa ação espera-se montar um ciclo de reutilização de água por um período que será determinado através da observação em campo, levando em conta as modificações nas características da água ao longo dos vários ciclos de reutilização.

A proposta da estação foi executada pela empresa e os resultados vêm mostrando uma remoção média dos contaminantes acima de 90 % para cor, turbidez, sólidos suspensos e DBO. A água está sendo reaproveitada na empresa para fins não potável.

O lodo gerado está sendo utilizado como adubo em uma pequena horta experimental de *Eucalytus* próximo a empresa, e vem mostrando bons resultados quanto ao crescimento das espécies, indicando que o lodo aumenta a concentração de nutriente no solo. Isto mostra que a utilização do lodo da estação de tratamento, que usa um coagulante de origem vegetal, pode propiciar uma boa taxa de crescimento de espécies vegetais tipo *Eucalytus*.

4. Conclusão

O presente estudo mostrou que é possível reaproveitar a casca de *Pinus* para fazer a extração dos taninos e utilizar como coagulante no tratamento do efluente gerado na indústria de saneantes domissanitários, visando o reuso da água e do lodo como substrato na agricultura.

Os melhores resultados obtidos para extração de taninos da casca de *Pinus* foi utilizando etanol (23,8 %) e água de 16,7 %. O menor resultado obtido na extração de taninos com bissulfito de sódio (11,9 %) pode ter ocorrido devido a hidrólise básica dos taninos hidrolisáveis, o que pode levar à diminuição da concentração de taninos não hidrolisados no extrato bruto.

Os resultados também mostraram que a dosagem de coagulante depende muito da natureza da concentração dos contaminantes presentes no efluente bruto, não sendo possível inicialmente estabelecer um valor padrão. A remoção dos contaminantes aumenta à medida que se aumenta a concentração de tanino no meio, sendo que os melhores resultados foram obtidos entre 3000 e 3500 mg L⁻¹, como remoção média dos contaminantes acima de 90 %. Entretanto, em concentrações menores de tanino e nas mesmas condições de pH, os valores de remoção foram inferiores, com remoção média de 50 % para DBO, DQO e detergentes.

Finalmente, com os resultados obtidos foi possível esquematizar o fluxo para propor uma estação de tratamento de efluentes, que apresente a capacidade de condicionar o efluente para que possa ser reutilizado na empresa para fins não-potáveis

Agradecimentos

Os autores agradecem à UNISUL e a empresa PROJELAB.

Referências Bibliográficas

- ¹ Hussain, T.; Wahab, A. A critical review of the current water conservation practices in textile wet processing. *Journal of Cleaner Production* **2018**, *198*, 806. [CrossRef]
- ² Salgot, M.; Folch, M. Wastewater treatment and water reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health* **2018**, *2*, 64. [CrossRef]
- ³ Derisio, J. C.; *Introdução ao controle de poluição ambiental*, 5a ed., Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2016. [Link]
- ⁴ BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 430, de 13 de Maio de 2011. [Link]
- ⁵ Linclau, E.; Ceulemans, J.; Sitter, K.; Cauwenberg, P. Water and detergent recovery from rinsing water in an industrial environment. *Water Resources and Industry* **2016**, *14*, 3. [CrossRef]
- ⁶ Romanelli, M. F.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2004. [Link]
- ⁷ Associação Brasileira de Química. Revista de Química Industrial. *Contaminantes Emergentes* **2013**, *738*, 1. [CrossRef]
- ⁸ Pinheiro, A. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, 2014. [Link]
- ⁹ Souza, A. L.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2018. [Link]
- ¹⁰ Metcalf, L.; Eddy, H. P.; *Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos*, 5a Ed., AMGH Editora Ltda: Porto Alegre, 2016. [Link]
- ¹¹ João, J. J.; Emerick, T.; Filho, U. S.; Nishihora, R. K. Processo de eletrocoagulação-flotação: investigação dos parâmetros operacionais para o tratamento de águas residuais da indústria de pescados. *Química Nova* **2018**, *41*, 163. [CrossRef]
- ¹² Di Bernardo, L.; Dantas, A. D. B.; *Métodos e técnicas de tratamento de água*, Rima: São Carlos, 2005. [Link]
- ¹³ Fernandes, M.; Skoronski, E.; Trevisan, V.; Alves, M. V.; Ely, C.; João, J. J. Aplicação de tanino como coagulante no reuso da água de lavação de automóveis e a utilização do lodo na agricultura. *Revista Eletrônica do PRODEMA* **2015**, *9*, 6. [CrossRef]
- ¹⁴ Özacar, M.; Sengil, I. A. The use of tannins from Turkish Acorns (Valonia) in water treatment as a coagulant and coagulant aid. *Turkish Journal of Engineering Environment Science* **2002**, *26*, 255. [Link]
- ¹⁵ Rodrigues, N. D.; Lelis, R. C. C.; Nascimento, A. M.; Vieira, M. C.; Cardoso, J. C. Otimização do processo de extração taninos de *Pinus oocarpa* para manufatura de adesivos para madeira. *Scientia Forestalis* **2015**, *43*, 1013. [CrossRef]
- ¹⁶ Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9897/1987: *Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores*, 1987. [Link]
- ¹⁷ Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9898/1987: *Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores*, 1987. [Link]
- ¹⁸ APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22th ed., American Public Health Association: New York, 2012. [Link]
- ¹⁹ Casado, J. Towards industrial implementation of electro-fenton and derived technologies for wastewater treatment: a review. *Journal of Environmental Chemical Engineering* **2019**, *7*, 1. [CrossRef]
- ²⁰ Günes, E.; Demir, E.; Günes, Y.; Hanedar, A. Characterization and treatment alternatives of industrial container and drum cleaning wastewater: Comparison of Fenton-like process and combined coagulation/oxidation processes. *Separation and Purification Technology* **2019**, *209*, 426. [CrossRef]
- ²¹ Rosa, L. G.; Sousa, J. T. de; Lima, V. L. A.; Araujo, G. H.; Silva, L. M. A.; Leite, V. D. Caracterização de águas residuais oriundas de empresas de lavagem de veículos e impactos ambientais. *Ambiente & Água* **2011**, *6*, 179. [CrossRef]
- ²² EUA. U.S. Agency for International Development – USEPA. Guidelines for Water Reuse, 2012. [Link]