REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA ISSN: 1982-5528
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br Fortaleza, BRA

APLICAÇÃO DE TANINO COMO COAGULANTE NO REUSO DA ÁGUA DE LAVAÇÃO DE AUTOMÓVEIS E A UTILIZAÇÃO DO LODO NA AGRICULTURA

The application of tannin as coagulant in reuse of water from washing car and the valorization of generated waste (sludge) in agriculture

Mylena Fernandes[1]; Everton Skoronski[2]; Viviane Trevisan[3]; Maurício Vicente Alves[4]; Cyntia Ely[5]; Jair Juarez João[6]

RESUMO:

Neste trabalho foi estudada a aplicação de tanino como coagulante no tratamento de efluentes de lavação de automóveis, através de tecnologias de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção, visando o reuso da água no processo de lavação de automóveis e o uso do lodo gerado na agricultura. Os ensaios realizados em laboratório foram validados em uma estação de tratamento em escala real. Os resultados demonstraram que através do tratamento proposto é possível obter água tratada com características que viabilizam o seu reuso. Com relação ao lodo gerado, no processo de tratamento, a sua aplicação combinada com o substrato comercial apresentou resultados satisfatórios que viabilizam a utilização na agricultura. De forma geral, a metodologia proposta demonstrou que a utilização de tanino como coagulante viabiliza o reuso de água no processo de lavação de automóveis ao mesmo tempo em que apresenta uma oportunidade sustentável de gerenciamento do lodo gerado no tratamento.

Palavras Chave: Gestão de Água, Resíduos Sólidos, Sustentabilidade.

ABSTRACT:

In this work we have studied the application of tannin in the treatment of effluents from washing cars, applying coagulation, flocculation, sedimentation, filtration and disinfection in order to recycle the water and to investigate the use of water treatment residuals in agriculture. The tests which have been conducted in the laboratory were also validated in a treatment plant at real scale. The obtained results showed that it is possible to obtain water with the requirement quality for reuse. Regarding the application of generated sludge, the best results were obtained with the combination of this residue with the commercial substrate, showing the applicability of tannin sludge in agriculture. In conclusion, the purposed methodology has showed that the application of tannin as coagulant allows the water reuse from washing car and it configures a sustainable opportunity for the water treatment residuals management.

Keywords: Water Management, Solid Waste, Sustainability.

[1] Mestra em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). mylena.fernandes@gmail.com
[2] Doutor, professor do Departamento de Engenharia Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - skoronski@cav.udesc.br
[3] Doutora, professora da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - viviane.trevisan@udesc.br
[4] Doutor, professor da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC) - mauriciovicente@gmail.com
[5] Aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - zyntiaely_10@hotmail.com
[6] Doutor, professor da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). jair.joao@unisul.br

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de água para atender o consumo humano, para as atividades agrícolas e industriais, vem chamando a atenção dos órgãos públicos ambientais e da população em geral para a necessidade da criação de alternativas para racionalização e mitigação de impactos negativos relacionados a estes limitados recursos hídricos (LAVRADOR FILHO, 1987). Uma alternativa para resolver os problemas quantitativos e qualitativos da água, minimizando sua utilização em processos e oferecendo uma maior proteção ao meio ambiente é a aplicação da tecnologia de reuso da água (KLAUTAU e GONÇALVES, 2007). O reuso da água é o sistema no qual se utiliza a água mais de uma vez no processo, tratada ou não, para fins diferentes da origem, sendo que, quando utilizada para o mesmo fim denomina-se reciclagem (BREGA FILHO e MANCUSO, 2003). A vantagem da reutilização da água está na redução do consumo de água de boa qualidade muitas vezes oriundas dos mananciais e utilização de uma água com qualidade inferior, porém, suficiente para atender as necessidades de aplicabilidade (KLAUTAU e GONÇALVES, 2007).

Uma prática realizada em postos de abastecimento de combustíveis é a lavagem de automóveis. Esta prática acarreta sérios problemas de impacto ambiental devido ao efluente gerado durante o processo da lavação dos automóveis, que quando em contato com o solo infiltra e causa contaminação nos mananciais. Esta contaminação que é causada pelos resíduos que são retirados dos automóveis e pelos produtos utilizados para efetuar a limpeza, geralmente são compostas por sólidos, óleos e detergentes (RUBI et al., 2009; ZANETI et al., 2013). Os métodos de coagulação tradicionais, normalmente envolvendo sais de alumínio, permitem a clarificação da água residual do processo de lavação de automóveis e sua reciclagem no processo. Entretanto, o lodo residual gerado nessa metodologia de tratamento apresenta elevadas concentrações de alumínio, normalmente entre 10.000 a 50.000 mg kg^{-1}, gerando preocupações com a sua disposição (DI BERNARDO et al., 2005).

Existe, assim, uma tendência para o desenvolvimento de novos produtos que possam ser utilizados como coagulantes no tratamento de água para abastecimento, que não apresente tantos problemas como os sais de alumínio e eventualmente de ferro. Alguns estudos demonstram que resíduos vegetais podem ser aplicados para o fim até aqui discutido, através da extração de tanino e seu emprego como coagulante (DA SILVA, 1999; ZANETI et al., 2011 e 2012). Desta forma, a vantagem da substituição de sais de alumínio por tanino recebe um incentivo devido à característica orgânica do tanino, que pode potencializar o uso do logo gerado no processo para um maior espectro de aplicações, recebendo destaque o seu uso na agricultura (ÖZACAR e SENGIL, 2002).

Neste trabalho foi realizada a avaliação do uso de coagulante tanino no tratamento do efluente gerado na lavação de automóveis, visando o seu reuso e o estudo do uso do lodo gerado no processo como substrato para o crescimento de vegetal.

MATERIAL E METÓDOS

Coleta do efluente

As amostras de efluente bruto gerado pela lavação de carros foram coletadas da caixa separadora de água/óleo em um posto de combustíveis de intensa movimentação no município de Tubarão/SC, geralmente no período da manhã. Diariamente foram coletados 20 L de efluente de acordo com as recomendações da EPA (2007). O fluxograma apresentado na Figura 1 ilustra as operações realizadas na estação de condicionamento de reuso (ECR) estudada.

A estação apresentada foi dimensionada para o tratamento de 0,173 L s^{-1} de água (aproximadamente 15.000 L dia^{-1}). O sistema de mistura rápida consiste na passagem da água por dentro de um trecho de tubulação, a jusante da bomba centrífuga de alimentação do sistema, apresentando um gradiente de velocidade de 179 s^{-1} e tempo de residência de 7,08 s. O floculador foi dimensionado para um tempo de residência de 15 minutos e seu gradiente de velocidade é constante e igual a 50 s^{-1}. O sedimentador é de alta taxa, com módulos de decantação tubulares com seção de 50 x 90 mm² e 100 cm de comprimento. A taxa de aplicação hidráulica no sedimentador é de 200 m^3 m^{-2} dia^{-1} e tempo de residência de 0,75 h. O filtro possui duas camadas, uma constituída de areia e a outra

de carvão ativado granular. Sua taxa de aplicação hidráulica é de 240 m^3 m^{-2} dia^{-1}. Para a desinfecção da água foi aplicada uma dosagem de 10 mg L^{-1} de cloro livre na água proveniente da etapa de filtração, sendo o tempo de contato mínimo de uma hora.

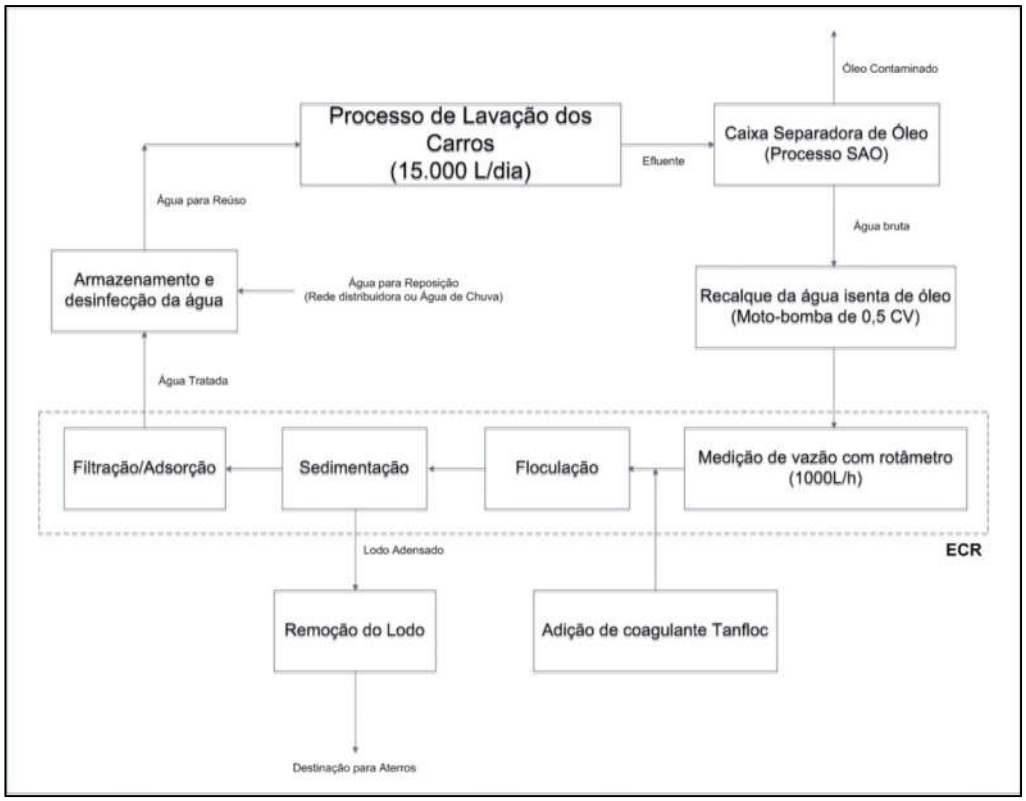

Figura 1. Fluxograma de operações na estação de reuso de água de lavação de automóveis.

Experimentos de tratabilidade

O coagulante utilizado foi o tanino vegetal extraído de Acácia Negra, (Montenegro/RS). Para a otimização da dosagem de coagulante foram realizados ensaios de coagulação/floculação em *Jar test*. Em cada jarro foram colocados 2000 mL de amostra e diferentes quantidades de coagulante, entre 40 e 125 mg L^{-1}, sob mistura rápida de 4 segundos a um gradiente de 976 s^{-1} e agitação lenta com gradiente de 50 s^{-1} durante 15 minutos. Após a floculação foi aguardada a sedimentação do lodo. A melhor dosagem foi selecionada através de ensaios de cor (uC) e turbidez (uT) utilizando um espectrofotômetro modelo Spectroquant NOVA60, empregando os métodos de número 32 e 77 para cor e turbidez, respectivamente. A sedimentabilidade do lodo formado também foi um fator a ser considerado para seleção da melhor dosagem de coagulante.

Para determinar a concentração de detergente (tensoativos que reagem com azul de metileno) presente em cada amostra, foram realizadas análises de determinação colorimétrica aplicando azul de metileno e extração com clorofórmio com posterior leitura em 652 nm. Neste caso foi utilizado o ABS (alquilbenzeno sulfonato) como surfactante padrão. Todos os experimentos mencionados foram realizados em triplicata.

Ensaios de desinfecção

Para esta etapa, inicialmente foi realizada a otimização da dosagem de cloro ativo. Desta forma, foram realizados cinco experimentos com adição de diferentes concentrações de cloro livre entre 0 e 20 mg L^{-1}, com tempo de contado fixo em uma hora e pH mantido entre 6,0 e 7,0, ajustado com o auxílio de solução 0,1 mol L^{-1} de NaOH ou HCl, dependendo do

caso. Ao final do tempo de contato estabelecido foi realizada a análise de cloro residual livre (CRL). Para a análise de cloro residual foi utilizado o método envolvendo indicador amido, com posterior titulação com tiossulfato de sódio. Além disto, foi determinada a concentração coliformes termotolerantes após o tempo de contato de 1,0 h. Estes ensaios foram realizados utilizando o método da filtração em membranas de acetato de celulose com poros de 0,45 µm e incubação a 44,5 °C em meio mFC ágar e ácido rosólico como indicador. As membranas após a filtração foram incubadas em placa de Petry estéril de 49 mm, contendo meio de cultura reidratado por um período de 24 h. Após este período foi realizada a contagem de Unidades Formadoras de Colônias por 100 mL (UFC 100 mL^{-1}). Após a contagem das UFCs determinou-se a concentração adequada da dosagem de cloro ativo. Definida a dosagem ótima de cloro, foi realizado um estudo cinético com a aplicação desta concentração ao longo de uma hora. Amostras em intervalos de 15 minutos foram coletadas para avaliação do CRL.

Avaliação da eficiência da ECR

Para o acompanhamento do processo na ECR descrita no item 2.1, todos os dias no período vespertino, a dosagem de coagulante era ajustada em função dos ensaios de *Jar test* realizados no período matutino e então amostras na saída após o processo de desinfecção eram coletadas para análise em laboratório, considerando o tempo de detenção hidráulico como intervalo de tempo entre o ajuste da dosagem e a coleta da amostra. Os parâmetros analisados foram cor, turbidez, tensoativos que reagem com o azul de metileno e concentração de coliformes termotolerantes, conforme descrito nas seções anteriores. Foram realizadas 9 coletas em dias diferentes, configurando assim as coletas de 1 a 9 apresentadas na Figura 2.

Avaliação do uso de lodo na agricultura

O experimento foi realizado na horta universitária da UNISUL onde foram utilizadas sementes de alface da variedade *Lechuga grand rapids tbr*. A semeadura foi feita em três bandejas de 200 células cada, na densidade de duas sementes por célula. Foram utilizados como substrato, um substrato comercial, casca de arroz carbonizada e o lodo produzido na ECR em questão neste trabalho. Foram utilizadas as seguintes combinações de substratos: 100% lodo da estação (R); 100% substrato comercial (S); 100% cinza da casca de arroz carbonizado (C); mistura de 50% de R e 50% de C, (R+C); e mistura de 50% de R e 50% de S, (R+S). Cada bandeja continha um tratamento com 120 células (unidades amostrais). O experimento foi montado sob o *floating* (sistema de cama d'água independente para cada bandeja) o qual auxiliou na irrigação das mudas. Após 49 dias de cultivo foram colhidas as plântulas de alfaces. Semanalmente foram avaliados os seguintes parâmetros: germinação (aos 7 dias), altura foliar, tamanho da raiz, peso da planta verde e matéria seca. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de variância e comparados às médias entre os experimentos com os diferentes substratos utilizando-se o teste de Tukey a 5 % de significância estatística (SILVA e AZEVEDO, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaios de Tratabilidade

Tentando evitar efeitos analíticos indesejáveis, as amostras dos efluentes brutos foram coletadas na caixa separadora de água/óleo situada próximo à área de lavação dos carros, de acordo com NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos corpos receptores, e NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores; de forma que as amostras de efluente bruto fossem representativas do processo de lavação de automóveis

Mesmo com estes cuidados, durante o período de coletas algumas condições meteorológicas adversas (períodos chuvosos) ocasionaram mudanças nas características do efluente bruto, como a sua diluição. Essas mudanças puderam ser detectadas por meio das análises de coagulação/floculação em *Jar test*. Como apresentado na Figura 2(a), em dias chuvosos a dosagem de coagulante foi reduzida, como pode ser observado na coleta do dia 1. Isto, porque, ocorre a diluição do efluente bruto em virtude da chuva, já que a estação de tratamento se encontrava a céu aberto, e a caixa separadora também era receptora de águas de chuva. Em dias secos observou-se que a dosagem de coagulante variava entre 50 e 100 mg L^{-1}, pois, a concentração do efluente também dependia da quantidade de automóveis lavados no dia, ou seja, da quantidade de resíduos acumulados. Segundo observações levantadas *in loco*, em dias secos com grande movimento, o número de carros lavados chegava a aproximadamente 60 em um período de 12 h de funcionamento.

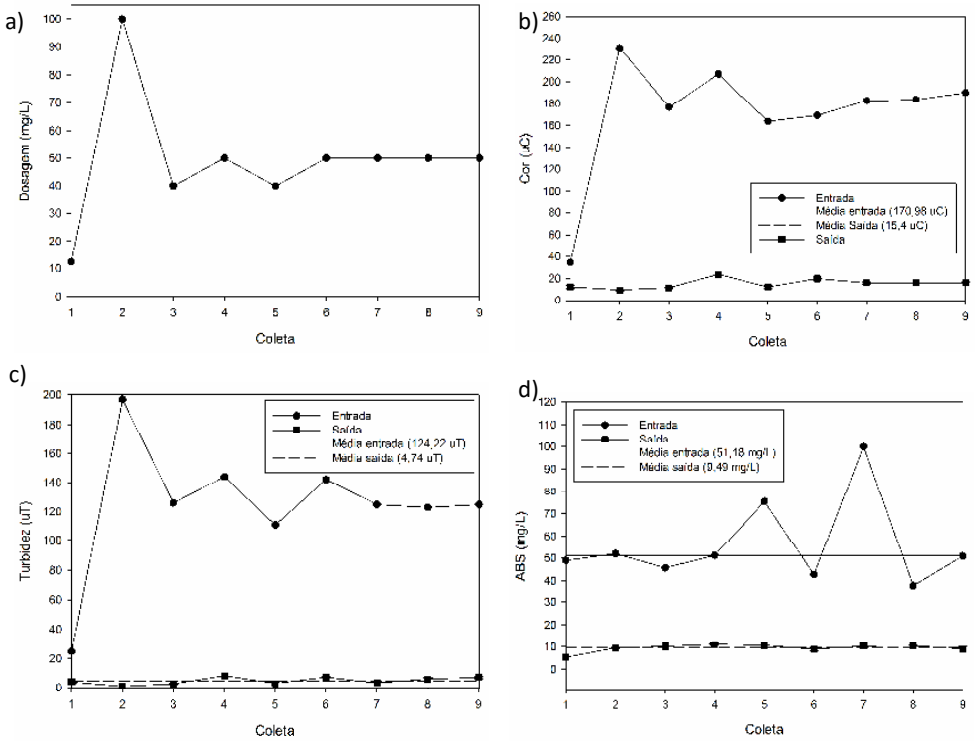

Figura 2. (a) Dosagem otimizada de coagulante, (b) avaliação da cor (uC), (c) avaliação da turbidez (uT) e (d) avaliação da concentração de detergente/ABS (mg L^{-1}) do efluente bruto e tratado.

Os resultados mostraram que a dosagem de coagulante é função da natureza da concentração de contaminantes presentes no efluente bruto, não sendo possível estabelecer um valor fixado. Quando o efluente está diluído, a dosagem deve ser de aproximadamente 50 e não 100 mg L^{-1}, visto que, uma dosagem superior à necessária torna a etapa de floculação ineficiente. Do mesmo modo, quando o efluente apresenta-se suficientemente concentrado para uma dosagem de 100 mg L^{-1} a adição de quantidade reduzida de coagulante, como por exemplo 50 mg L^{-1} não permite a formação de flocos que permitam a sua posterior separação. Isso demonstra que a correta operação da estação em questão depende intimamente da determinação de uma concentração otimizada de coagulante, que pode ser realizado por meio de ensaios de *Jar test*. No entanto, limitadores como treinamento de operadores podem inviabilizar esta atividade tornando interessante, para implantação em estações de pequeno porte como a estudada neste trabalho, o estudo de dispositivos que permitam a automatização desta tarefa.

Os resultados obtidos para a cor, do efluente bruto e tratado, são apresentados na Figura 2(b). É possível observar que a cor foi reduzida de um valor médio de 170.98 para 15,4 uC, representando

uma eficiência de remoção acima de 90 %. Da mesma forma, as curvas geradas para verificar a remoção de turbidez são apresentadas na Figura 2(c), sendo que os valores obtidos para o efluente tratado não ultrapassaram 9 uT. Estudos realizados por Zaneti *et al.* (2012), utilizando tanino como coagulante obtiveram turbidez final média de 9 uT. Neste caso a remoção de turbidez média foi de 124,22 para 4.74 uT, representando uma redução de aproximadamente 96 %. Bhatti *et al* (2011) utilizou sulfato de alumínio como coagulante e obteve uma redução na turbidez do efluente da ordem de 96%, percentual semelhante ao encontrado neste estudo.

Pedroso *et al*. (2012) com a finalidade de alcançar uma melhor eficiência no tratamento dos efluentes lixiviado do aterro sanitário de Maringá, Paraná, testaram diversas condições operacionais através de ensaios de coagulação/floculação utilizando tanino como coagulante. Os autores constataram que o processo físico-químico de coagulação/floculação utilizando tanino apresentou resultados satisfatórios, principalmente com relação à redução da cor e da turbidez do lixiviado. Observaram que a cor e a turbidez do lixiviado que se apresentavam sempre elevadas em até 10800 mg/LPtCo e 2000 NTU respectivamente, alcançaram remoções durante o tratamento de até 48,70% para a cor e de 64% para a turbidez.

Pelos resultados obtidos neste trabalho e os encontrados pelos autores apresentados anteriormente, o TANFLOC SG, mostrou-se eficiente no processo de clareamento dos efluentes industriais com remoção média acima de 90% de cor e turbidez, sendo, portanto, indicado para tratamento de efluente de gerados na lavação de carros para o reuso da água.

Os valores limites para a qualidade da água para reuso de água de lavação de automóveis não são especificados, embora, atualmente, estejam sendo estudadas legislações nos diversos estados da federação (ROSA et al., 2011). Isto sugere que o tratamento deva ser aplicado de forma a reduzir significativamente a contaminação e apresente qualidade na água tratada suficiente para atender as necessidades requeridas para seu fim. No caso da água utilizada na lavação de automóveis, especificamente, ela deve apresentar-se visualmente clarificada, com ausência de sólidos suspensos, que quando presentes podem causar danos estéticos à pintura dos veículos. Devem, ainda, apresentar ausência de microrganismos, odor e formação de espuma, uma vez que é potencial o contato primário do operador com a água.

Na remoção da sujeira dos automóveis são consumidas grandes quantidades de detergentes e outros aditivos. Desta forma, grande quantidade de detergente acaba ficando dissolvida na água que não pode ser descartado livremente, devido sua não-biodegradabilidade. Os valores e as curvas de concentração de ABS de entrada e saída são apresentadas na Figura 2(d), onde se pode observar que os limites não foram especificados, pois, não foram encontrados tais valores de referência na literatura. Através deste estudo foram observadas que foi atingida remoção acima de 85% pelo sistema de coagulação e floculação. ZANETI *et al* (2011), utilizando sistema de floculação – flotação com tanino, seguido por filtração com areia e cloração, alcançaram remoção de surfactantes na ordem de 43%.

Resultados semelhantes foram observados por Heredia e Martín (2009) na remoção do surfactante lauril sulfato e sódio de soluções aquosas utilizando extrato natural de sementes de *Moringa Oleifera* (taninos) como floculante. Os autores verificaram que extrato da Moringa *Oleifera* foi capaz de remover até 80 % do tensioactivo aniónico de soluções aquosas por meio de coagulação/floculação.

É importante ressaltar que os componentes fenólicos conhecidos como taninos, que ocorrem em grande quantidade nas sementes e cascas de algumas espécies vegetais, são de grande importância no processo de tratamento de efluentes visto a sua capacidade de reagir com as impurezas presentes no efluente para formação da floculação. Além disso, taninos são macromoléculas do metabolismo secundário das plantas, sendo classificados em taninos hidrolisáveis e taninos condensados. Os taninos hidrolisáveis apresentam na sua constituição monômeros de ácido gálico ou ácido elágico, enquanto que os taninos condensados são polifenóis, consistindo de unidades flavonóidicas (flavan-3-ol e flavan-3,4-diol), em vários graus de condensação (Battestin, 2004) que podem ser biodegradado. Bhat *et al*. (1998) foram os primeiros a reportar que o ácido tânico (tanino hidrolisável) podia ser degradado por linhagens de *Aspergillus niger*. A maioria das espécies fúngicas tem sido utilizadas para a biodegradação de efluentes da indústria de couros**,** pertencentes ao gênero *Aspergillus* e *Penicillium.* A degradação dos taninos pode se dar através de bactérias, fungos, leveduras, tanase microbiana, e interações com a microflora do tratogastrointestinal de ruminantes.

Talvez o grande apelo pela a utilização de taninos modificados para tratamento de águas e efluentes, visto que algumas características dos taninos são preservadas após as modificações químicas, capacidade de combinar-se com proteínas e metais, além de ser um produto obtido de fontes renováveis e devido a sua composição orgânica, pode ser naturalmente degradado.

Ensaio de desinfecção

Devido ao contato primário da água com os trabalhadores, existe a necessidade de realizar a desinfecção da água tratada, que neste estudo foi monitorada pela remoção de coliformes termotolerantes. Nos testes de otimização da dosagem de cloro ativo, o melhor resultado apresentado foi obtido com uma concentração inicial de 10 mg L^{-1} de cloro livre, sendo que o CRL observado após uma hora foi de 5,1 mg L^{-1}.

Os resultados do estudo cinético para acompanhar o consumo de cloro ativo ao longo de uma hora apresentaram o comportamento de um modelo de decaimento exponencial, apresentando R^2 igual a 0,997 e constante cinética de 0,0085 min^{-1}.

Os testes de desinfecção realizados por ensaios microbiológicos apresentaram ausência de coliformes termotolerantes para cada concentração de cloro ativo. Com concentração a partir de 10 mg L^{-1} de cloro livre foi observada a total desinfecção do efluente tratado. No estudo realizado por Zaneti *et al* (2011), onde a cloração foi aplicada após o sistema de floculação – flotação, seguido por filtração com areia a remoção de coliformes termotolerantes foi da ordem de 99%.

Avaliação das condições na ECR

A Tabela 1 apresenta a comparação entre os valores obtidos nos ensaios de tratabilidade em *Jar test* e na operação da ECR.

Tabela 1. Valores médios obtidos para as análises das amostras tratadas em ensaio de *Jar test* e na operação da ECR.

Coleta	Cor (uC)		Turbidez (uT)		ABS (mg L^{-1})		UFC 100 mL^{-1}
	Jar test	ECR	*Jar test*	ECR	*Jar test*	ECR	ECR
1	13,1	12,7	4,0	3,8	5,1	5,0	ausência
2	10,2	10,0	1,0	1,1	9,7	10,0	ausência
3	12,8	12,7	3,2	3,2	9,8	10,0	ausência
4	24,5	22,8	8,2	7,8	10,1	9,8	ausência
5	13,3	12,9	3,4	3,0	9,8	10,0	ausência
6	22,7	21,1	7,4	6,6	8,9	9,2	ausência
7	18,2	18,5	3,6	3,0	9,8	10,2	ausência
8	18,2	17,6	7,2	6,5	9,8	10,0	ausência
9	18,4	17,6	7,8	7,0	8,9	9,5	ausência

Através dos resultados obtidos na Tabela 1, observa-se uma boa concordância entre os valores obtidos após a tratabilidade em *Jar test* e após a operação da ECR. Isto demonstra que é possível realizar o controle operacional da estação através dos ensaios de tratabilidade em

laboratório, sendo que as características determinadas nestes ensaios podem garantir uma boa previsibilidade do funcionamento da estação.

Avaliação do uso de lodo na agricultura

A dosagem de 100% de lodo da estação (R) apresentou bons resultados quanto a germinação. 80% das sementes germinaram em todos os períodos avaliados, (Tabela 2). Oh et al., (2010) estudando aplicação de lodo e estação de tratamento em cultivos de alface, observou que o mesmo melhorou a quantidade de nutriente substrato, quando utilizou uma mistura de 50 e 25 %. Esta melhora na qualidade nutricional do substrato pode ter influenciado nesta resposta a este alto incide de germinação no tratamento R. A dose de 100% de cinza da casca de arroz (C) e a mistura (R+C) apresentaram valores de germinação abaixo de 80%, os quais decresceram com o passar do tempo, indicando que a cinza pura e a presença de cinza no substrato não foi apropriada para o desenvolvimento de mudas. Comparativamente, a mistura (R+S) apresentou melhores resultados que a mistura (R+C) porém, nos períodos avaliados esta combinação mostrou não ser ideal. Pode-se observar que o substrato comercial apresentou os melhores resultados quando comparados aos outros substratos (Tabela 2). No entanto, foi capaz de indicar que a utilização do lodo da estação de tratamento, que usa um coagulante de origem vegetal, pode propiciar uma boa taxa de germinação de sementes quando utilizado exclusivamente.

Tabela 2. Avaliação de porcentagem de germinação de semente de alface nos tratamentos de Rejeito, Cinza de carvão e Substrato comercial e misturas em sete períodos após a semeadura.

Tratamento	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	35 dias	42 dias	49 dias
Lodo (R)	80,8	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6
R + S	82,5	80,8	80,8	80,8	80,8	75,0	75,0
R + C	79,1	78,3	78,3	78,3	78,3	76,6	76,6
Cinza (C)	74,1	70,8	70,8	70,8	70,8	66,6	66,6
Substrato (S)	86,6	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1

Depois de colhidas as plântulas de alfaces, observou-se que o peso de massa verde (MV), de cada célula em que houve germinação, variou em 2,355 g entre o pior e o melhor resultado (Tabela 3). A mistura (R+S) apresentou a melhor condição para este parâmetro. A mesma apresentou uma média de 4,319 g, porem esta não difere do tratamento C (3,190 g). Oh et al., (2010) observou que a utilização do lodo na dose de 50 % apresentou um incremento na largura e no comprimento das folhas de alface. Observando a matéria seca (MS), à 65 ºC (MS^1) e a matéria seca 105 ºC (MS^2), os resultados mostraram que a utilização da mistura (R+S) apresenta o melhor desempenho, porém, diferindo de dos tratamentos R+C e C para MS^1 e do tratamento C para MS^2.

Na análise da altura foliar (AF), o substrato contendo a mistura (R+S) apresentou melhor desempenho, com 113 mm. A mistura (R+S) apresentou uma média de AF aérea maior que o substrato comercial (S), indicando que o lodo da estação de tratamento (R) foi eficaz como um aditivo/complemento no desenvolvimento de mudas. A mistura (R+C) também mostrou um desempenho com uma média de 90 mm, valor este que não difere estatisticamente de S e R+S, indicando o potencial do lodo (R) como aditivo/complemento no crescimento das mudas. Morselli e Fernandes (2002) encontraram resultados diferentes

avaliando cinza de casca de arroz, onde constataram que o tratamento utilizando 75% de vermicomposto com 25% de cinza apresentou um bom potencial para ser utilizado como substrato de produção de mudas de alface.

Tabela 3. Avaliação dos pesos de massa verde (MV), massa seca (MS) e alturas foliar (AF), tamanho de raiz (TR) e altura total (AT).

Tratamentos	MV (g)	MS[1] (g)	MS[2] (g)	AF (mm)	TR (mm)	AT[3] (mm)
Lodo (R)	1,966 b**	0,292 ab*	0,272 ab*	81 b**	136 [NS]	217 ab*
R + S	4,319 a	0,377 a	0,376 a	114 a	133	247 a
R + C	2,114 b	0,230 ab	0,224 ab	90 ab	120	210 ab
Cinza (C)	1,964 b	0,250 ab	0,180 b	81 b	114	194 b
Substrato (S)	3,190 ab	0,176 b	0,253 ab	101 ab	123	23 ab

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 1% ** e 5% * de significância, NS não significativo. [1] Massa seca em estufa à 65 ºC por 48 h. [2] Matéria seca em estufa à 105 ºC por 48 h. [3] Milimetros.

Gartler et al. (2013) estudando a aplicação de biossolidos e biofertilizantes em varias olerícolas (Alface, beterraba, espinafre, rabanete, tomate brócolis, cenoura, alho-porro, e cebola), não constatou diferenças significativas na biomassa de plantas (brócolis, milho, alho-poró, tomate, espinafre e alface), porem para rabanete, beterraba e cenoura este valores foram significativos.

O tamanho de raiz (TR), não apresentou valores significativos, porém a utilização do lodo (R) apresentou a maior média das cinco combinações de substratos utilizados. Uma possível justificativa de que o rejeito puro não seja suficientemente bom para a cultura, é por meio da absorção de água, isso estaria associado a presença de um crescimento radicular maior quando comparado aos outros tratamentos.

A altura total (AT) das mudas apresentou comportamento similar aos anteriores, sendo o tratamento (R+S) o que obteve melhor resultado (247 mm), porém só diferindo estatisticamente do tratamento C (Tabela 3).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o tanino apresenta potencialidade de uso como coagulante no tratamento de efluente de lavação de automóveis, permitindo a reciclagem da água no processo. Com a utilização deste composto foi possível obter água com qualidade para o seu reuso para o fim aqui proposto. Além disto, o lodo produzido apresentou um resultado favorável para a sua utilização como substrato para agricultura. O tratamento contendo o lodo acrescido do substrato comercial foi o que apresentou os melhores valores, mostrando que esta mistura pode ser uma ótima solução para uma destinação adequada do lodo produzido no processo estudado neste trabalho.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9897: **Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÂO BRASILEIRA DE NORMAS TÈCNICAS. NBR 9898: **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

BATTESTIN, V.; MATSUDA, L. K.; MACEDO, G. E.; Fontes e aplicações de *taninos* e *tanases* em alimentos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.15, n.1, p.63-72, 2004

BHAT, K.T.; SINGH, B.; SHARMA, P. O. Microbial degradation of tannins – A current perspective. **Biodegradation**, v.9, p.343-357, 1998.

BHATTI, Z. A.; MAHMOOD, Q.; RAJA, I. R.; MALIK, A. H.; KHAN, M.S.; WUB, D. Chemical oxidation of carwash industry wastewater as an effort to decrease water pollution. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 36, p. 465–469, 2011.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P.C.S. **Conceito de Reuso de Água, cap.2**, p.21-36, in: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F., Reúso de Água. 1ª. Barueri: Manole, 2003.

Da SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto**, 1999, 88f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo, 1999.

DI BERNARDO, L. e DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2 ed., v. 2, São Carlos: Rima, 2005.

Environmental Protection Agency. **Environment Protection Authority**. EPA Guidelines: Regulatory monitoring and testing Water and wastewater sampling, 2007.

GARTLER, J.; ROBINSON, B.; BURTON, K. e CLUCAS, L. Carbonaceous soil amendments to biofortify crop plants with zinc. **Science of the Total Environment**, v. 465, p. 308–313, 2013.

HEREDIA, J. B.; MARTÍN, J. S.; Removal of sodium lauryl sulphate by coagulation/flocculation with Moringa oleifera seed extract. **Journal of Hazardous Materials**, n. 164, p. 713–719, 2009.

KLAUTAU, J. VON P.; GONÇALVES, M. F. **Reuso de água: um projeto e sua viabilidade aplicada a lava-jatos**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24ª. 2007.

LAVRADOR FILHO, J. (1987). **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**, 1987. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, 1987.

MORSELLI, T. B. G. A.; FERNANDES, H. S. Produção de mudas de alface (lactuca sativa, l.) em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, jul. 2002. Suplemento 2.

OH, T.K.; NAKAJI, K.; CHIKUSHI, J.; PARK, Gon, S. Effects of the Application of Water Treatment Sludge on Growth of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Changes in Soil Properties. **Journal of the Faculty of Agricultur**, Kyushu Univ., v. 55, n. 1, p. 15–20, 2010.

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**, v. 26, p. 255-263, 2002.

PEDROSO, K.; TAVARES, C. R. G.; JANEIRO, V.; DA SILVA, T. L.; DIAS, P. Z.; Avaliação do tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Maringá, Paraná, por processo de coagulação/floculação com tanfloc SG. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.4, n. 2, p. 87-98, 2012.

ROSA, L. G.; SOUSA, J. T. de; LIMA, V. L. A. de.; ARAUJO, G. H.; SILVA, L. M. A. da.; LEITE, V. D. Caracterização de águas residuais oriundas de empresas de lavagem de veículos e impactos ambientais. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 179-199, 2011.

RUBI, H.; FALL, C.; ORTEGA, R. E. Pollutant removal from oily wastewater discharged from car washes through sedimentation-coagulation. **Water science and technology**, v. 59, p. 2359-2369, 2009.

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version Of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, 2006, Orlando-FL-USA. **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p. 393-396.

ZANETI, R. N.; ETCHEPARE, R.; RUBIO, J. Car wash wastewater reclamation. Full-scale application and upcoming features. **Resources, Conservation and Recycling,** 55 p. 953–959, 2011.

ZANETI, R. N.; ETCHEPARE, R.; RUBIO, J. More environmentally friendly vehicle washes: water reclamation. **Journal of Cleaner Production**, 37, p. 115-124, 2012.

ZANETI, R. N.; ETCHEPARE, R.; RUBIO, J. Car wash wastewater treatment and water reuse - a case study. **Water science and technology**, v. 67, p. 82-88, 2013.