



Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC

doi: 10.4136/ambi-agua.1303

Received: 04 Feb. 2014; Accepted: 05 Sep. 2014

Everton Skoronski^{1*}; Bruno Niero²; Mylena Fernandes²;
Mauricio Vicente Alves³; Viviane Trevisan¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, Brasil
Departamento de Engenharia Ambiental

²Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil
Departamento de Engenharia Química e Alimentos

³Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Xanxerê, SC, Brasil
Departamento de Agronomia

*Autor correspondente: e-mail: skoronski@cav.udesc.br,
bruno.niero@unisul.br, mylena.fernandes@gmail.com,
mauriciovicente@gmail.com, a2vt@cav.udesc.br

RESUMO

Nas estações de tratamento de água para abastecimento, a adequação da qualidade da água é realizada por meio do processo de coagulação e floculação, seguido de sedimentação e filtração. Normalmente são utilizados coagulantes inorgânicos como sais de ferro e alumínio que geram lodos que precisam ser dispostos em aterros específicos. Desta forma, a utilização do tanino como coagulante possibilita um tratamento que gera lodo com maiores possibilidades de manejo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de um tanino obtido a partir da acácia negra, no tratamento da água do rio Tubarão. Foram avaliados parâmetros como concentração de tanino, cor aparente, turbidez, alcalinidade, fenóis e volume de lodo gerado. As concentrações ótimas para coagulação da água captada no rio situaram-se entre 1,0 e 7,5 mg L⁻¹, dependendo da qualidade da água coletada no rio. Nas condições ótimas de dosagem de coagulante, a alcalinidade apresentou redução máxima de 30% após o tratamento, a cor aparente situou-se entre 4,2 e 7,6 uC, a turbidez entre 0 e 2 uT e o volume de lodo gerado apresentou valores entre 5 e 20 mL L⁻¹. A concentração de fenol na água tratada ficou abaixo de 0,003 mg L⁻¹. Neste sentido, os valores obtidos atenderam à portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde em relação aos parâmetros analisados. Estes resultados motivam estudos mais aprofundados sobre a viabilidade de aplicação do tanino como coagulante, sobretudo em relação aos efeitos tóxicos de compostos que possam ser agregados à água após o tratamento.

Palavras-chave: coagulação, coagulante vegetal, floculação, potabilidade.

Study of the application of tannin in the treatment of drinking water from the Tubarão River at Tubarão, SC

ABSTRACT

Water quality acceptance in treatment plants is dependent upon the coagulation and flocculation processes, followed by settling and filtration. Normally inorganic coagulants such

as salts of iron and aluminum are used but generate sludge that must be disposed of at special landfills. The use of tannins as coagulants would allow easier sludge management. This study evaluated the use of tannin derived from the black wattle tree in the treatment of water from the Tubarão River. The study analyzed parameters such as concentration of tannins, apparent color, turbidity, alkalinity, phenols and the volume of sludge generated. The optimal concentrations for coagulation of water sampled from the river were between 1.0 and 7.5 mg L⁻¹, depending on the quality of the water collected. Under the optimum conditions of coagulant dosage, alkalinity showed a maximum reduction of 30% after treatment, the apparent color was between 4.2 and 7.6 uC, turbidity between 0 and 2 NTU and the volume of sludge generated was between 5 and 20 ml L⁻¹. The phenol concentration in the treated water was below 0.003 mg L⁻¹. In this sense, the values are in accordance with those established by Regulation number 2914/2011 of the Brazilian Ministry of Health with respect to the parameters analyzed. These results motivate further research on the feasibility of application of tannin as a coagulant, especially in relation to the toxic effects of compounds that can be added to water after treatment.

Keywords: coagulation, drinking water, flocculation, vegetable coagulant.

1. INTRODUÇÃO

A água utilizada para abastecimento público necessita atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011). Dentre os sessenta e sete parâmetros instituídos por esta, pode-se citar a cor aparente e a turbidez. A turbidez se deve a partículas em suspensão ou coloides: argilas, limo, terra finamente dividida, etc. Um alto valor de turbidez prejudica a condição estética da água e estudos técnicos constataam o efeito de proteção física de microrganismos pelas partículas causadoras da turbidez, diminuindo a eficiência de tratamentos. A cor aparente de uma amostra de água, por sua vez, está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução ocorre devido a absorção de parte da radiação eletromagnética), sobretudo pela presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (Cavinatto, 2003). A portaria anteriormente citada, também estabelece os planos de amostragem descrevendo os tipos, a quantidade e a frequência que as análises devem ser feitas.

Nas estações de tratamento de água (ETA), a adequação da cor aparente e da turbidez aos limites máximos exigidos pela legislação é realizada por meio do processo de coagulação e floculação seguido de sedimentação e filtração. Para essa atividade, normalmente são utilizados coagulantes inorgânicos como sais de ferro e alumínio. Apesar de eficientes coagulantes, estes produtos geram lodos não biodegradáveis que precisam ser dispostos em aterros específicos. Segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004), este lodo normalmente é classificado como classe IIA (Não Inerte) e deve ser disposto em aterro específico para resíduo de classe IIA, havendo acréscimo nos custos de deposição e do transporte do lodo até o aterro (Imhoff e Imhoff, 1998). O alumínio, um dos metais mais comuns presente nos coagulantes inorgânicos, tem uma característica acumulativa. Com o passar do tempo a quantidade de alumínio acumulada, nos lençóis e até nas águas de superfície, já poderão representar risco por si só (Fiorentini, 2005). Além de problemas ambientais, o uso de coagulantes inorgânicos pode prejudicar também a saúde das pessoas que consomem a água tratada. Dependendo da dosagem de alumínio acumulada no organismo, ele pode ser tóxico causando grandes danos à saúde como doenças de coordenação motora e demência, Alzheimer e mal de Parkinson (Fiorentini, 2005).

Diante disto, existe uma tendência para o desenvolvimento de novos produtos que possam ser utilizados como coagulantes no tratamento de água para abastecimento, que não

apresentem tantos problemas como os sais de alumínio e eventualmente de ferro. De fato, alguns estudos têm demonstrado que resíduos vegetais podem ser aplicados para o fim até aqui discutido (Bongiovani et al., 2010), como por exemplo através da extração de tanino (Da Silva, 1999).

Os taninos são definidos como moléculas fenólicas biodegradáveis com capacidade de formar complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais. São extraídos da casca de vegetais, como da *Acacia mearnsi* de Wild (acácia negra) que possui altas concentrações de tanino e é facilmente encontrada no Brasil (Beltrán-Heredia et al., 2011). Os taninos estão presentes na forma hidrolisada e condensada, sendo a forma condensada responsável por mais de 90% da produção mundial de tanino (Pizzi, 2008). Segundo Da Silva (1999), os taninos são moléculas com propriedades coagulantes, que desestabilizam os colóides com a eliminação da camada de solvatação, diminuindo o potencial zeta durante o processo de coagulação e, assim, permitindo a formação de flocos. Desta forma, podem ser utilizados no tratamento de águas residuais e de abastecimento no processo de coagulação e floculação. Comercialmente o tanino é utilizado como base para produção de coagulante (Figura 1), a partir da reação entre o tanino condensado e o cloreto de imínio (formado pela reação do cloreto de amônio, por exemplo, e o aldeído fórmico), formando um polímero orgânico catiônico (Mangrich et al., 2014).

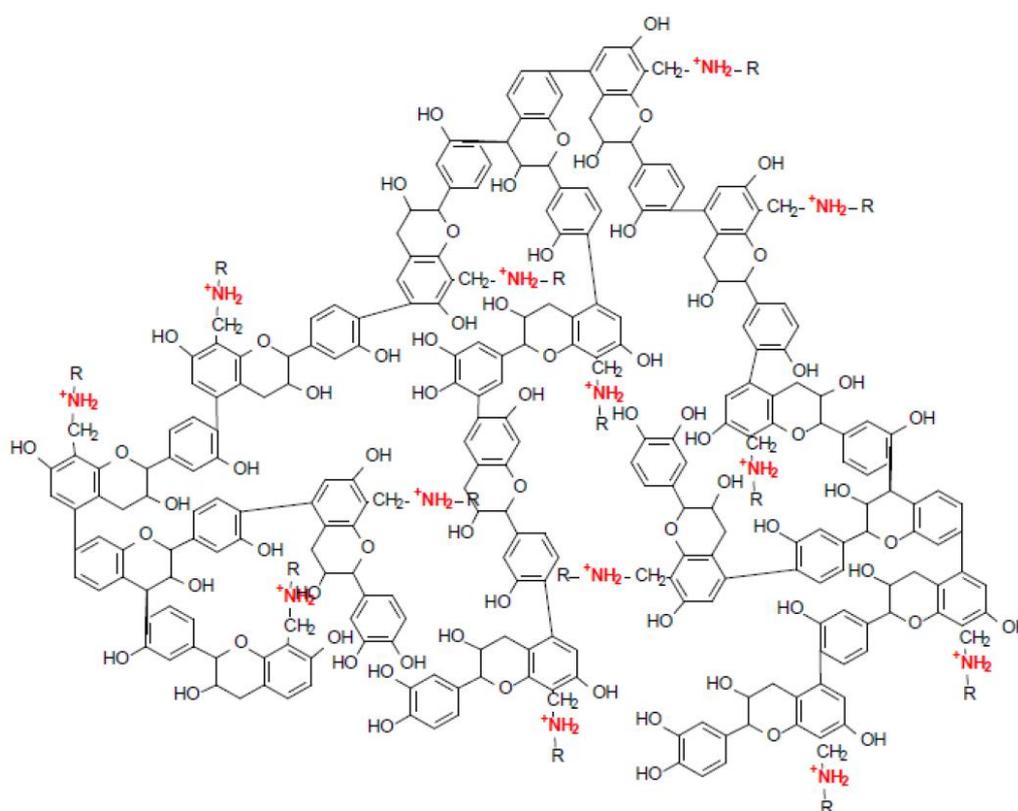


Figura 1. Estrutura do coagulante TANFLOC da empresa TANAC, obtido a partir do tanino extraído da Acácia Negra.

Fonte: Mangrich et al. (2014).

Por ser de origem vegetal, a utilização de coagulante a base de tanino possibilita um tratamento que gera lodo biodegradável e sem necessidade de correção posterior de pH (Beltrán-Heredia et al., 2010). Além disto, a obtenção deste coagulante a partir de fontes renováveis pode auxiliar na diminuição de acúmulo de resíduos.

O estudo foi aplicado para avaliação do tratamento de água no Rio Tubarão, na cidade de Tubarão/SC. Este rio nasce no município de Lauro Muller/SC e desemboca em Laguna/SC. O uso e ocupação da bacia hidrográfica apresentam atividades agroindustriais e industriais diversificadas, além de não existir sistemas de esgotamento sanitário no município. Desta forma, a qualidade da água sofre significativas alterações em relação às suas características naturais. Na região abrangente do estudo, a intensidade e a diversidade de impactos antrópicos são os principais desafios para a gestão da água (Giacomeli et al., 2000). Além dos problemas comuns às demais bacias brasileiras, como conflitos em seu uso e ocupação, a bacia do rio Tubarão e o complexo Lagunar distingue-se das demais por ser considerada severamente poluída. Esta bacia coloca-se em décimo lugar entre as mais poluídas do Brasil, constituindo uma das três regiões consideradas críticas no estado (Santa Catarina, 1998).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de aplicação do tanino como coagulante para o tratamento da água para abastecimento obtida no rio Tubarão, na cidade de Tubarão/SC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Coleta de amostras

Foram coletadas 5 amostras de água do rio Tubarão que percorre várias cidades da região sul de Santa Catarina, ao longo dos seus 130 km de extensão, até desembocar no oceano Atlântico. As amostras foram coletadas no canal de entrada da água captada para abastecimento da cidade de Tubarão/SC. A escolha deste local de coleta permitiu utilizar no laboratório a água com as mesmas características daquela utilizada para o tratamento pela concessionária. A ETA onde foram realizadas as coletas de água possui capacidade para o tratamento de 420 L s^{-1} , sendo a principal fornecedora de água para abastecimento na região. As coletas foram realizadas 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 julho de 1987 (ABNT, 1987a, 1987b). Para a coleta foram utilizadas embalagens de polipropileno de 5 litros. A primeira coleta ocorreu em dia chuvoso e as demais em período sem precipitação pluviométrica.

2.2. Ensaio de tratabilidade

Para a otimização da dosagem de coagulante (TANFLOC SG, Tanac S.A.) foram realizados ensaios de coagulação/floculação em *Jar-test*. Em cada jarro foi colocado 500 mL de amostra e diferentes concentrações de coagulante, entre 0 e 10 mg L^{-1} , sob agitação de 100 rpm por 1 minuto (etapa de coagulação) e de 30 rpm durante 10 minutos (etapa de floculação). Após a coagulação e floculação, esperou-se a sedimentação do lodo gerado. Após 30 minutos foram coletadas amostras do sobrenadante para análise.

2.3. Avaliação da eficiência do ensaio de tratabilidade

Para avaliar a eficiência de tratabilidade das amostras de água do rio Tubarão, com a adição de tanino como coagulante, foram realizados os seguintes ensaios: alcalinidade, condutividade, pH, cor aparente, turbidez, fenóis totais e volume de lodo gerado. A alcalinidade foi determinada através de titulação com solução de ácido sulfúrico $0,01 \text{ mol L}^{-1}$. A condutividade e o pH foram determinadas através de um analisador multiparâmetro de bancada (Thermo Scientific) sendo a condutividade expressa em $\mu\text{S cm}^{-1}$. As análises de cor aparente e turbidez foram determinados por espectrofotometria, com um espectrofotômetro Spectroquant NOVA 60 (Merck), utilizando os métodos pré-estabelecidos 32 e 77, respectivamente. O volume de lodo foi determinado com um cone IMHOFF. Para determinação da concentração de fenóis totais foi aplicado o método colorimétrico com

4-aminoantipirina, (APHA, 2005), com posterior extração com clorofórmio e leitura a 505 nm em um espectrofotômetro Spectroquant NOVA 60 (Merck).

3. RESULTADOS

A aplicação de um coagulante para remoção de cor aparente e turbidez, em uma amostra, deve garantir que substâncias adicionais não elevem a concentração de substâncias dissolvidas no meio e que, dentre outros efeitos, pode promover uma diminuição no pH do meio. Desta forma, a utilização de coagulante a base de tanino torna-se atrativa por possuir a propriedade de não alterar o pH da água tratada. Os coagulantes a base de tanino não consomem significativamente a alcalinidade do meio, além de poder ser aplicado em uma ampla faixa de pH, entre 4,5 a 8 (Da Silva, 1999; Barradas, 2004). De fato, com a ampla faixa de pH apresentado pelo tanino, normalmente é eliminada a necessidade da utilização de alcalinizantes, como soda ou cal, reduzindo o volume de lodo gerado. Os resultados das análises das amostras para alcalinidade, e pH são apresentados nas Figuras 2 e 3.

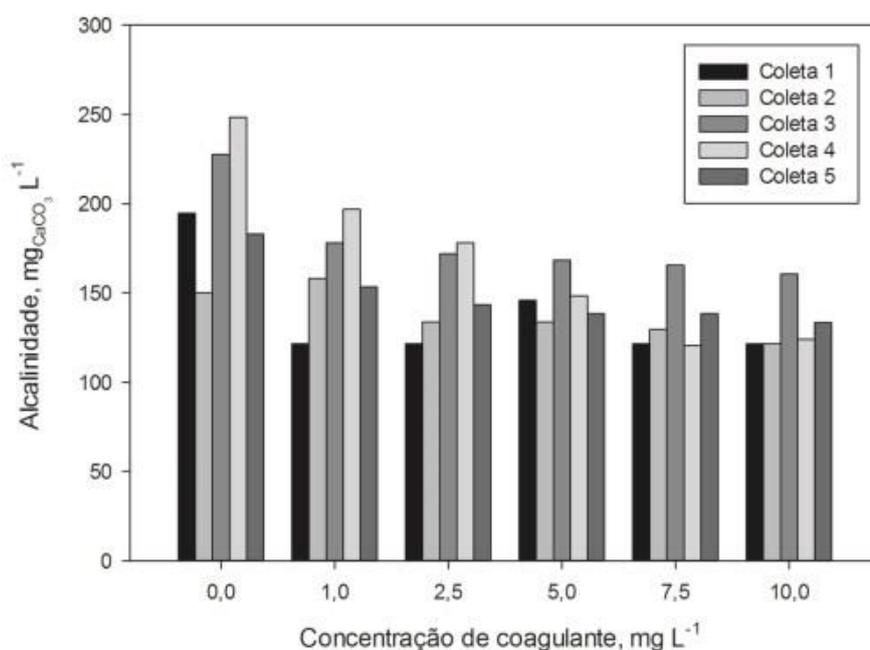


Figura 2. Valores de alcalinidade obtidos para a água bruta e para a água tratada com tanino com concentrações de 1, 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 mg L⁻¹.

Como se pode observar, a alcalinidade das amostras após os ensaios de tratabilidade apresentou decaimento proporcional ao aumento na dosagem de coagulante. O consumo de alcalinidade variou entre 10,8 e 37,5% entre as cinco coletas realizadas (Figura 2). No entanto, os valores de pH permaneceram em todas as faixas de concentração de coagulante dentro do limite estabelecido pela Portaria nº 2914 (Limite Superior Permitido – LSP = 9,5 e Limite Inferior Permitido – LIP = 6,0). De outra forma, com a utilização de um coagulante inorgânico, como o sulfato de alumínio, provocaria redução na alcalinidade total e no pH da água tratada, necessitando a adição de cal hidratada para correção da alcalinidade e pH, por exemplo, no sentido de favorecer o processo de coagulação (Imhoff e Imhoff, 1998). Para o tanino, o pH observado na água para tratamento situou-se dentro da faixa ótima de trabalho, dispensando a correção do pH da água anteriormente à coagulação.

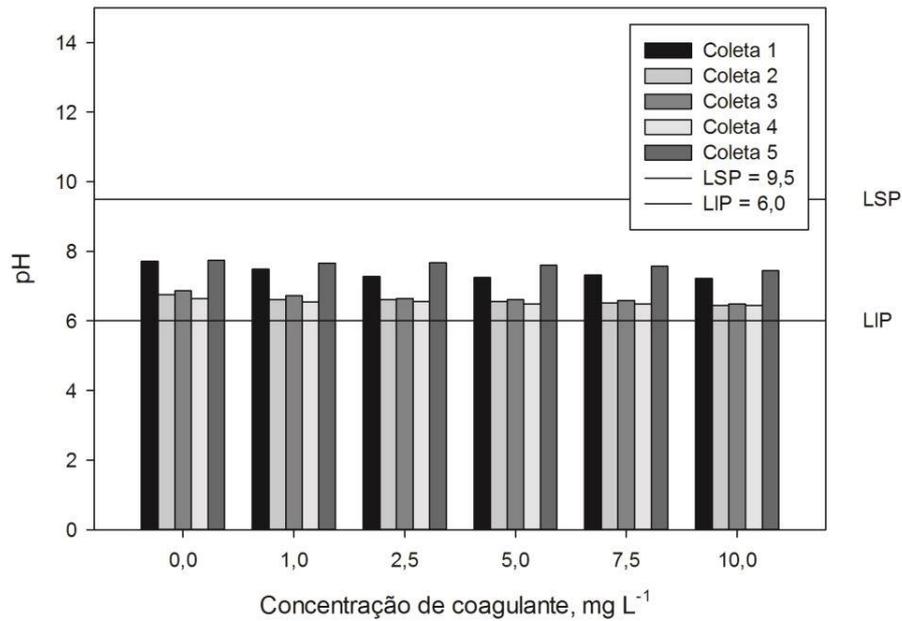


Figura 3. Valores de pH obtidos para a água bruta e para a água tratada com tanino com concentrações de 1, 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 mg L⁻¹.

Os resultados obtidos nos ensaios de condutividade, Figura 4, mostram que a adição de tanino nas condições determinadas (até 10 mg L⁻¹), não alteram a condutividade do meio, que neste trabalho situaram-se entre 49 a 81 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Estes valores evidenciam uma importante característica do tanino, enquanto coagulante, relacionada ao pequeno efeito na variação das condições da água tratada em termos de substâncias dissolvidas.

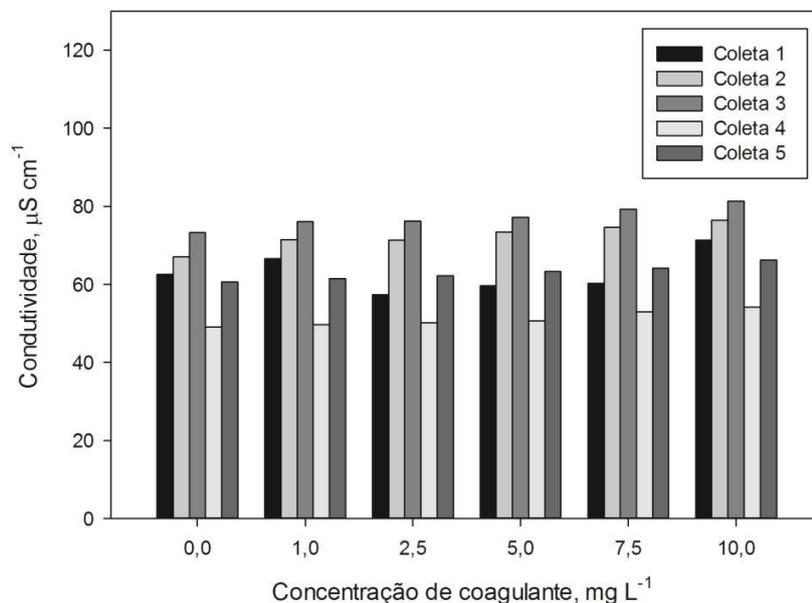


Figura 4. Valores de condutividade obtidos para a água bruta e para a água tratada com tanino com concentrações de 1, 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 mg L⁻¹.

Outra característica importante para a aplicação de coagulantes no tratamento de água é a sua capacidade de remoção de sólidos suspensos através do incremento na velocidade de

sedimentação provocada pelo aumento no diâmetro dos contaminantes, sendo este processo conhecido como floculação. Neste sentido, parâmetros como sólidos suspensos, cor aparente e turbidez são os indicadores mais comuns para avaliar a eficiência dos processos citados anteriormente.

Na Figura 5, observa-se que existe uma dosagem onde os efeitos de remoção de cor aparente e turbidez são maximizados. Na coleta 2, por exemplo, foi possível alcançar valores de turbidez nula e cor aparente de 5,4 uC para a aplicação de 2,5 mg L⁻¹ de tanino. A permanência das características da água tratada, em conformidade a Portaria nº 2914, é observada até mesmo para amostras com elevada cor aparente e turbidez, como na coleta 1 em que a água bruta apresentou cor aparente e turbidez de 223 uC e 159 uT, respectivamente. Com estas condições foi possível obter água tratada com cor aparente e turbidez iguais a 6,7 uC e 1 uT para uma dosagem de tanino igual a 7,5 mg L⁻¹.

Em termos de normatização nacional, a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde exige que a cor aparente e a turbidez da água tratada apresentem valores abaixo de 15 uC e 5 uT, respectivamente. Os resultados obtidos mostram que a água tratada apresenta valores abaixo destes limites, evidenciando o potencial do tanino para os fins aqui propostos, conforme pode ser observado na Figura 5.

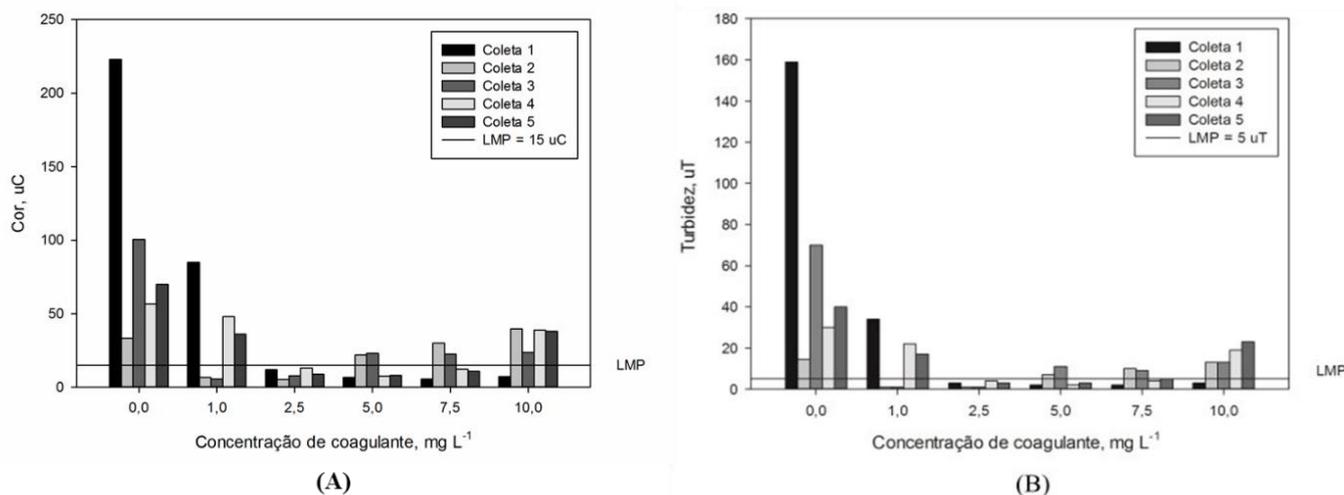


Figura 5. Valores de cor aparente (A) e turbidez (B) obtidos para a água bruta e para a água tratada com tanino com concentrações de 1, 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 mg L⁻¹.

A concentração de sólidos suspensos, embora não abordada pela Portaria nº 2914, é também um importante parâmetro para avaliar o processo de coagulação. Em algumas situações é possível obter água tratada com concentração de sólidos suspensos igual a zero, sendo que a cor aparente residual nestes casos pode estar associada a substâncias dissolvidas na água que não foram removidas por coagulação e floculação. Esta informação é bastante pertinente, uma vez que as águas do rio Tubarão são severamente prejudicadas pelo lançamento descontrolado de resíduos das atividades de mineração, suinocultura e esgoto doméstico. Além disso, a ocupação inadequada do solo nas margens do rio, contribuem para elevados valores de sólidos suspensos na água, sobretudo em épocas de cheias onde as margens são assoreadas.

Outro fator importante considerado foi o volume de lodo gerado no processo, que apresenta custos relacionados à sua correta disposição. Nas condições ótimas de coagulação, o volume de lodo gerado apresentou valores entre 5 e 20 mL L⁻¹. Cabe salientar que o lodo produzido pelo tratamento com tanino apresenta potencial para valorização deste resíduo, quer seja como fertilizante através de compostagem ou mesmo seu uso para a produção de

energia por biodigestão ou processos térmicos. Estudos referentes a recuperação deste coagulante devem ainda ser considerados de forma a ampliar a gama de aplicações deste resíduo.

Com relação a concentração de fenol na água tratada, esta ficou abaixo de $0,003 \text{ mg L}^{-1}$, limite máximo permitido para a classificação da água como classe II pela resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005). No entanto, as análises realizadas nas amostras de água tratada foram para concentrações de fenóis totais que reagem com a 4-aminoantipirina. Desta forma, compostos fenólicos em menor concentração que não reagem com o reagente citado, podem ser incorporados à água devido ao tratamento com tanino, de forma que um estudo mais aprofundado sobre esta questão deve ser considerado.

4. CONCLUSÃO

A realização deste estudo reforçou algumas observações prévias relacionadas à aplicação do tanino como coagulante no tratamento de água para abastecimento, sendo que a sua aplicação no tratamento das águas do rio Tubarão promoveu a obtenção de água com algumas características físico-químicas em conformidade com a Portaria nº 2914, como pH, cor, turbidez. A concentração ótima de tanino para a coagulação e floculação foi influenciada pela qualidade da água antes do tratamento. Embora não tenham sido detectadas concentrações de compostos fenólicos na água, estudos mais aprofundados devem ser realizados no sentido de avaliar a toxicidade da água obtida e, assim, incentivar o uso deste coagulante que provoca impactos ao meio ambiente de forma menos intensa que os coagulantes inorgânicos, como o sulfato de alumínio e policloreto de alumínio e também os sais de íon férrico. Além disto, um estudo mais aprofundado com relação à avaliação de todos os parâmetros da Portaria nº 2914 deve ser considerado.

5. REFERÊNCIAS

- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897**: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.
- BARRADAS, J. L. D. **Tanino - Uma solução ecologicamente correta**: agente floculante biodegradável de origem vegetal no tratamento de água. Novo Hamburgo: Publicação Técnica, 2004.
- BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; GÓMEZ-MUÑOZ, M. C. New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimization studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 162, p. 1019–1025, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2010.07.011>

- BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; MARTÍN- SÁNCHEZ, C. Remediation of dye-polluted solutions by a new tannin-based coagulant. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 50, p. 686–693, 2011. <http://dx.doi.org/10.1021/ie101148y>
- BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B. S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 2, p. 167-170, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i2.8238>
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 2914/2011**. Brasília, 2011.
- CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. São Paulo: Moderna, 2003.
- DA SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto**. Dissertação (Mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.
- FIORENTINI, V. **Uso do tanino no processo de tratamento de água como melhoria em sistema de gestão ambiental**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- GIACOMELI, M. B. O.; LIMA, M. C.; BORTOLUZZI, I. P.; KLUG, M.; STÜPP, V. Determinação de metais pesados em sedimentos do Rio Tubarão-SC. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 5, p. 178-185, 2000.
- IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*. **Revista Virtual de Química**, v. 6, p. 2-15, 2014. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140002>
- PIZZI, A. Tannins: major sources, properties and applications. In: BELGACEM; GANDINI (Eds.). **Monomers, polymers and composites from renewable resources**. Elsevier: Amsterdam, 2008. p. 179-199.
- SANTA CATARINA. **Diagnóstico dos recursos hídricos e organização dos agentes da bacia hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar**. Florianópolis: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 1998. 163 p.