



## 192 - ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DO USO DE COAGULANTE ORGÂNICO COM UM COAGULANTE QUÍMICO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

**Bianca Correa Brem<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Engenharia Ambiental

**Maria do Carmo Antunes Suita<sup>(2)</sup>**

Mestre em Engenharia Ambiental

**Raquel Finkler<sup>(3)</sup>**

Mestre em Engenharia Ambiental

**Janice Botelho Souza Hamm<sup>(4)</sup>**

Doutora em Engenharia Química

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Os Dezoito do Forte, 2366 - São Pelegrino – Caxias do Sul – Rio Grande do Sul - CEP: 95020-472- Brasil - Tel: +55 (54) 99713-2118 - e-mail: biancabrem@gmail.com

### RESUMO

*A crescente preocupação com a qualidade da água oferecida ao consumidor final é um desafio para o desenvolvimento de novas técnicas de tratamento de água para abastecimento. A necessidade de serem desenvolvidas tecnologia inovadoras e que ao mesmo tempo sejam menos agressivas ao meio ambiente também está em crescente preocupação para pesquisadores, e com isso surge uma nova possibilidade, o tratamento com coagulante vegetal, está se mostrando bem atrativa tanto em termos de qualidade da água ofertada ao consumidor final como na qualidade ambiental da destinação do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Água. Considerando que atualmente a grande maioria das estações de tratamento utilizam coagulante químico para o tratamento, o que gera elevados custos de destinação do lodo e também estão associados a graves doenças que vem afetando a população, o presente trabalho propõem um estudo teórico experimental comparativo da eficiência de coagulação de um coagulante de origem orgânica e um coagulante de origem química, proporcionado análises de eficiência em remoção de cor e turbidez, bem como análises de pH para a identificação da melhor opção tanto em relação a eficácia no tratamento quanto em melhorias na qualidade do meio ambiente. O trabalho é realizado de forma experimental, com ensaios de laboratório em escala de bancada que comprovam o descrito na análise bibliográfica previamente estudada.*

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água, meio ambiente, coagulantes orgânicos.

### 1 INTRODUÇÃO

A água é de extrema importância para a vida tanto do ser humano como de animais e plantas, levando em consideração essa afirmação se faz necessário obtermos o máximo possível de conhecimento e informações sobre a água. É de conhecimento que a grande maioria da superfície da terra é coberta por água, sendo distribuída cerca de 97% em água salgada nos mares e oceanos e os 3% restantes em água doce, dos quais 2,2% estão em geleiras e 0,8 % em estado líquido, que seria a água disponível para a nossa utilização.

A principal preocupação das empresas de abastecimento é atender as necessidades dos consumidores, disponibilizando água de abastecimento com padrões de potabilidade adequados e em quantidade suficiente para suprir os usos (PIANTÁ, 2008). A preocupação com a qualidade da água entregue ao consumidor final, se corrobora quando analisamos o processo de tratamento de água para abastecimento usualmente é composto por uma fase de coagulação e floculação, onde são utilizados coagulantes inorgânicos, formados por sais de ferro e alumínio, como o sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), o sulfato férrico ( $Fe_2(SO_4)_3$ ) e o cloreto férrico ( $FeCl_3$ ) (NUNES et al., 2018). O sulfato de alumínio é um dos mais utilizados, porém, seu uso extensivo tem sido discutido devido à presença de alumínio remanescente na água tratada e no lodo gerado ao final do processo, muitas vezes em concentrações bastante elevadas, o que dificulta a disposição do mesmo no solo devido a contaminação e o acúmulo deste metal (CORAL et al., 2009).



O tratamento de água utiliza as mesmas técnicas desde o século XVIII, apresentando algumas diferenças no que diz respeito as legislações de controle de qualidade da água e instrumentos de processo. O tratamento convencional baseia-se basicamente em desestabilizar as partículas do poluente, formando agregados que poderão ser removidos através da diferença de massa específica no processo de sedimentações e flotação (GUSMÃO, 2014). Ainda segundo Gusmão (2014) para a realização do processo acima descrito a substância química mais utilizada é o sulfato de alumínio, que é usado desde o surgimento da tecnologia até a atualidade pela facilidade na obtenção e o baixo custo, por ser uma mistura obtida através de matérias primas como ácido sulfúrico e bauxita.

Para amenizar ou até mesmo solucionar esse problema, nos últimos anos tem sido desenvolvidas pesquisas para a utilização de compostos orgânico, como a quitosana, moringa olifeira Lam, e taninos como alternativa ao tratamento convencional, sendo que os mesmos visam uma significativa melhoria no processo e permite uma melhor qualidade e menor quantidade no lodo gerado devido à ausência dos metais a cima citados (CORAL et al., 2009).

## 2. OBJETIVOS

O principal objetivo desse projeto de pesquisa é realizar uma comparação entre o coagulante a base de tanino e o coagulante inorgânico sulfato de alumínio que é usualmente utilizado nas ETAs. Mostrando a eficiência do tratamento e as vantagens ambientais que o coagulante orgânico pode alcançar.

## 3. METODOLOGIA

Buscando atender os objetivos do trabalho a cima descritos, foram realizados de forma experimental e em escala de bancada análises em triplicata capazes de comparar o desempenho do coagulante orgânico Tanfloc SG e o sulfato de alumínio.

### 3.1 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Foram realizadas coletas de dados por observação direta através da realização de ensaios de laboratório comumente utilizados em estações de tratamento de água. A seguir descritos:

#### **Teste de Jarros ou Jar Test**

O teste de jarros é um método experimental ainda muito utilizado nas Estações de tratamento de Água, servindo como simulador de bancada para as fases de coagulação, floculação e sedimentação nas amostras de água bruta coletadas na ETA (PIANTÁ, 2008). Os ensaios têm por objetivo determinar a dosagem ótima do coagulante, assim como de definir o os gradientes de velocidade no tempo de mistura. Ainda segundo Piantá (2008) esse equipamento é um aliado na construção de projetos de novas ETAs, bem como na adaptação de projetos já existentes.

No ensaio realizado para a obtenção do objetivo principal desse trabalho utilizou-se o equipamento produzido pela Tecnal e denominado *Jar Test Milan*, o mesmo possui cubas feitas de acrílico com capacidade de 2L e agitadores em metal.

#### **Teste Turbidez**

A turbidez pode ser definida como sendo uma propriedade física da água a qual é responsável pela diminuição da transparência, sendo causada por materiais como: argila, areia e micro-organismos (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

O aparelho utilizado para esse tipo de experimento é denominado de turbidímetro, sendo que o mesmo é composto por um nefelômetro e a turbidez é determinada em unidade nefelométricas de turbidez (NTU ou uT), nesse estudo foi utilizado um turbidímetro da marca Hach, disponibilizado pelo SAMAE de Caxias do Sul.

Para Teixeira et al. (2004) a turbidez é definida como a concentração de matéria suspensa, sendo que as mesmas são medidas pela dispersão que causam na luz, sendo que quanto menor a intensidade da luz dispersa, menor o valor da turbidez na amostra. Essa característica quando presente na água causa uma aparência turva, sendo um aspecto indesejável para a população que faz uso dessa água.

No Brasil o parâmetro de turbidez para a água de abastecimento é regularizado pela PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, sendo uma atualização da Portaria nº 2914/2011 que estabelece que o nível máximo permitido é de 0,5 uT para filtração rápida e 1,0 uT para filtração lenta (BRASIL, 2017). Sendo assim esse parâmetro define a aceitabilidade da água tratada e a qualidade do tratamento, a não remoção dessas partículas pode influenciar na eficácia da etapa de desinfecção, pois elas atuam como uma proteção que abriga os microrganismos no seu interior, blindando da ação do cloro (TEIXEIRA et al., 2004).

### **Medida de Cor**

Durante muito tempo o termo conhecido como cor era utilizado para definir elevados valores de turbidez, a diferenciação dos termos ocorreu na década de 60 (CAMPOS et al., 2005). Sendo assim a cor é definida como a capacidade de reflexão de luz nas partículas coloidais. A medida de cor é classificada em duas partes, cor aparente é as partículas existentes na água, inclusive as em suspensão, já a cor verdadeira é a encontrada após a retirada das partículas em suspensão. Para esse experimento foi utilizado um equipamento denominado de fotômetro da marca Hanna.

No Brasil os padrões de cor para água de abastecimento são regulamentados pela portaria 518 do Ministério da Saúde, sendo que o limite máximo aceitável é de 15 Uc (BRASIL, 2005). Esse parâmetro deve ser tratado de forma especial, pois a decomposição da matéria orgânica presente nas partículas podem reagir com o cloro, formando compostos organoclorados, os Trihalometanos –THM, que é um grupo de compostos orgânicos derivados do metano, sendo os mesmos substâncias altamente cancerígenas (LIBÂNIO, 2010).

### **Determinação do pH**

O potencial hidrogeniônico (pH) é a determinação da concentração de íons de hidrogênio na amostra, expressando a condição ácida ou alcalina da solução. Esse parâmetro varia de 0 a 14 sendo que  $\text{pH} < 7$  solução ácida  $\text{pH} = 7$  solução neutra e  $\text{pH} > 7$  solução básica. Quando os valores dessa medida se encontram na faixa básica podem causar incrustações nas tubulações e quando o mesmo se encontra na faixa ácida causa corrosão nas mesmas (LIBÂNIO, 2010). Para esse experimento foi utilizado um equipamento denominado de potenciômetro da marca Akso. Segundo Piantá (2008) o pH da água pode ser originado de duas formas, a natural, como com a fotossíntese de vegetais e as de origem antropogênica, sendo pelos despejos de efluente industriais e domésticos sem o devido tratamento. Para o abastecimento público a faixa de pH deve ser mantida entre 6,0 e 9,0, para assim ocorrer uma eficiência no tratamento e a manutenção da vida aquática (PIANTÁ, 2008).

### **Temperatura**

A temperatura é um fator importante no processo de tratamento de água, pois a mesma exerce influência nas reações químicas, levando em consideração que o Brasil é um país tropical, possuindo uma fonte de calor natural que conseqüentemente aumenta a energia cinética das reações e favorece o processo de coagulação, proporcionando uma maior eficiência (LIBÂNIO, 2010).

Nesse procedimento foram realizadas medidas de temperatura da água bruta e também da água após a adição do coagulante.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

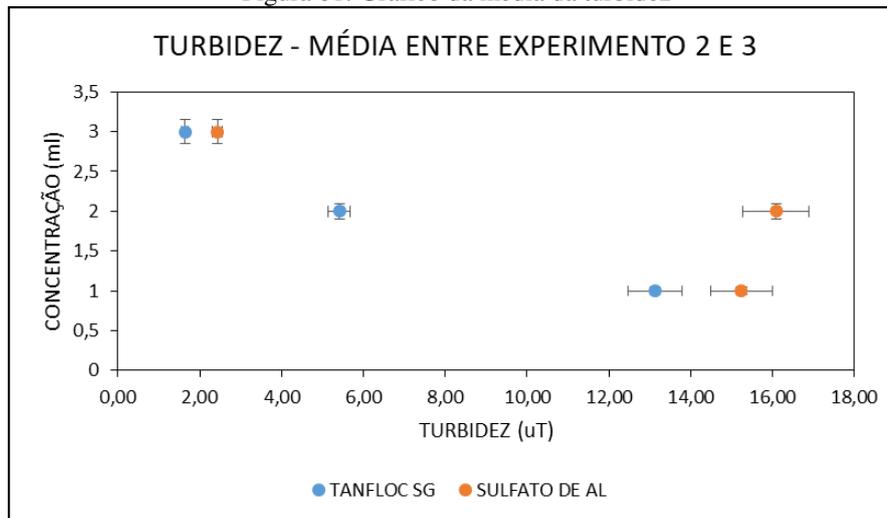
Para podermos apresentar os resultados encontrados no estudo é de suma importância que seja demonstrado o resultado das análises que caracterizam a água bruta “*in natura*” utilizada. A coleta foi realizada na data de 7 de novembro de 2018 e estava apresentando temperatura de 21,3 °C, pH encontrava-se em 7,58, a cor aparente estava apresentando um valor igual a 69,2 Uc e a turbidez um valor de 15,8 Ut, esses valores foram obtidos diretamente no laboratório de análises do SAMAE, são os valores utilizados como referência para o tratamento de água para o abastecimento na ETA Parque da Imprensa.

Conforme verificado no experimento, ambos os coagulantes afetaram o valor de pH em comparação com o valor encontrado na água bruta (7,58), as amostras que foram tratadas com Tanfloc SG apresentaram no cálculo da média dos valores encontrados nas análises 2 e 3 um valor igual a 7,58, sendo o mesmo apresentado pela amostra “*in natura*”. Já os valores de pH das amostras tratadas com sulfato de alumínio apresentaram

variação no pH, ficando com um valor de 7,09, sendo esse resultado calculado igualmente ao anterior, através da média dos valores encontrados nos experimentos 2 e 3. Como justificativa dessa variação de pH pode ser descrito que o sulfato de alumínio é caracterizado como um coagulante ácido, que causa o decaimento nos valores e o Tanfloc SG por ser orgânico não consome a alcalinidade do meio.

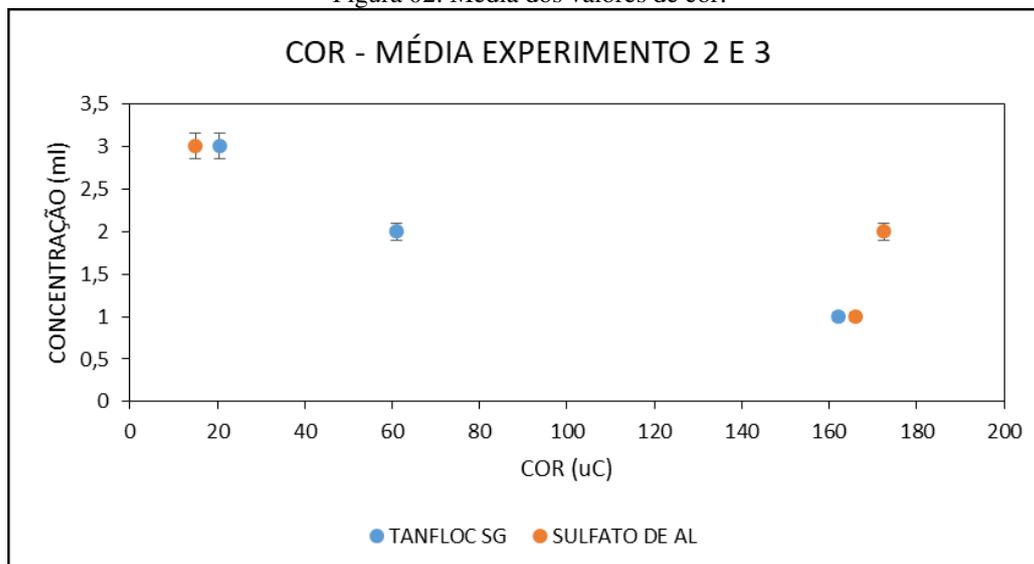
Ao que se refere a turbidez dos experimentos, Figura 01, foi realizada uma média entre os valores do experimento 2 e 3, sendo que os valores encontrados para as amostras tratadas com Tanfloc SG apresentaram uma redução significativa no valor, quando comparados com o valor da amostra “*in natura*”, onde a amostra denominada como C3 a qual foi acrescentada uma quantidade de 3ml da solução apresentou um valor considerado ótimo para a fase de coagulação. Já para o sulfato de alumínio, os valores de turbidez ficaram a cima quando comparados ao do Tanfloc SG, sendo assim, é possível chegar ao resultado de que ambos são eficientes, porém, o sulfato de alumínio necessita de quantidades maiores de reagente quando comparado ao Tanfloc SG para que sua eficiência seja mais significativa

Figura 01: Gráfico da média da turbidez



Em relação a remoção de cor é possível observar na Figura 02, que os valores foram reduzidos com a adição dos coagulantes, sendo que o Tanfloc SG apresentou melhor valor de redução em 2 dos 3 volumes adicionados as amostras, sendo que quando observamos a amostra que foi adicionado 2ml da solução de Tanfloc SG percebemos que foi onde ocorreu maior diferença em relação a amostra adicionada 2 ml de solução de sulfato de alumínio, porém a melhor eficiência na remoção é vista nas amostras com 3ml de solução.

Figura 02: Média dos valores de cor.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento das cidades, juntamente com o desenvolvimento de estudos e tecnologias tornou-se cada vez mais crescente a demanda por qualidade em todos os setores, no tratamento de água isso também acontece, tornando cada vez mais necessário a demanda de água potável (PIANTÁ, 2008). Conseqüentemente com o aumento da população e o desenvolvimento de tecnologia causou vários danos, como a crescente disposição incorreta de poluentes, sendo que esses compostos poluentes estão cada vez mais ligados a causa de doenças crônicas.

Os biocoagulantes aparecem como uma opção ambientalmente correta no setor de tratamento de água para abastecimento. Se destacam por apresentarem características atrativas como serem efetivos no tratamento, biodegradáveis e com um baixo impacto ambiental, podendo seu lodo ser utilizado posteriormente e causando benefícios, como a dispensa de encaminhar o lodo para disposição em aterro.

A grande variedade de possibilidades de aplicação de coagulantes orgânicos comprova a importância da utilização de produtos naturais, sendo uma opção para a substituição de produtos químicos. Além dos benefícios ambientais, a utilização desses compostos dá subsídio para o desenvolvimento social através da geração de renda através do aproveitamento das origens naturais desse material ou através dos sub produtos que podem ser utilizados nesses processos.

Analisando os resultados, de forma geral, os dois reagentes apresentaram um bom desempenho para o tratamento de água para abastecimento. Para os parâmetros analisados nesse estudo o Tanfloc SG apresentou melhores resultados em pH e Turbidez, sendo que ficou com valores mais elevados somente em um valor de análise de cor. Mesmo alguns estudos encontrados na literatura apontando a utilização de coagulante orgânicos não seja eficaz, nesse trabalho foi possível visualizar ao contrário, que quando a amostra foi exposta as mesmas condições e variação de volumes o Tanfloc SG se mostrou mais eficiente. O tratamento de água para abastecimento se utilizado polímeros naturais apresenta diversas vantagens a serem consideradas.

Após todas as análises é possível concluir a eficiência do Tanfloc SG para o tratamento de água para abastecimento, sendo ainda necessário melhores estudos para o aprimoramento dessa técnica para a substituição do sulfato de alumínio e a avaliação se o mesmo atende a todos os parâmetros exigidos pela PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017. Porém, o mesmo cumpre com a proposta do presente trabalho, realizando de forma efetiva o tratamento de água para o consumo humano.

## REFERÊNCIAS

1. ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C.; Dabdoub, M. J.; Batista, A. C. F.; Silveira, C. C. *Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa*. Química Nova, 2003.
2. BELAVSKI, E. O curtemo no Brasil. Porto Alegre. Editora globo, 1965.
3. BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDiBe, p. 868, 2010.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação- Geral de Vigilância em Saúde Ambiental– Brasília: Editora do Ministério da Saúde, p. 28, 2005.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX. Brasília, 2017.
6. BRITO, A.; OLIVEIRA, J.; PEIXOTO, J. Tratamento de Água para Consumo Humano e Uso Industrial. Porto: Engenho e Média, Ltda., 2010.
7. BWE – Brazilian Wattle Extracts. Tratamento de água potável. BWE – Indústria Química, Boletim Técnico. Canos-RS, p. 3, 2009.
8. CAMPOS, S.X.; DI BERNARDO, L.; VIEIRA, E.M. Influência das características Húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio. *Revista de engenharia Sanitária Ambiental*. v.110, n.3, p.194-199, 2005.
9. CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R.; BASSETIC, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. In: Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change, São Paulo, 2009.
10. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2ª ed. 2v. Rima: São Carlos, 2005.

11. GUIBAL, E.; ROUSSY, J. *Coagulation and Flocculation of dye-containing solutions using a biopolymer*. *Reactive & Functional Polymers*, 2007.
12. GUSMÃO, André Luis da Silva. *Uso de Taninos no Tratamento de Água para Abastecimento*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/ RS, dezembro de 2014.
13. HASLAM, E. *Chemistry of vegetable tannins*. London: Academic, p. 170, 1966.
14. KURITA, K. *Chitin and Chitosan: Functional biopolymers from marine crustaceans*. *Marine Biotechnology*, p. 46, 2006.



15. LEE, C. S.; ROBINSON, J.; CHONG, M. F. *A review on application of flocculants in wastewater treatment. Process Safety and Environmental Protection*, v. 92, n. 6, p. 489-508, 2014.
16. LIBÂNIO, M. *Fundamentos de Qualidade e Tratamento da Água*. Campinas: Átomo, 2010.
17. MANGRICH, A. S. et al. *Green chemistry in water treatment: Use of coagulant derived from Acacia mearnsii tannin extracts*. *Revista Virtual de Química*, v. 6, n. 1, p. 2-15, 2014.
18. MARTINS, Hádél C. *Estudo Sobre os Processos de Coagulação, Floculação e Decantação em Efluentes Oriundos de Usina Canavieira*. p. 56, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.
19. MELO, A. F. *Desenvolvimento preliminar de um biossensor enzimático para determinação de taninos hidrolisáveis*. p. 98, 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
20. NUNES, Janaína D. et al. *Aplicação de Tanino Vegetal como Coagulante no Tratamento de Efluente de Fruticultura*. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages/ SC apresentado na 8ª Reunião de Estudos Ambientais em Porto Alegre, maio de 2018.
21. Nwaiwu, N. E.; Zalkiful, M. A.; Raufu, I. A. *Seeking an alternative antibacterial and coagulation agent for household water treatment. Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation*, 2012.
22. OMS - Organização Mundial de Saúde. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. vol, 01, p. 494, Geneva, SW. 2008.
23. PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A.; SANTOS, T. M.; SANTANA, C. R.; SILVA, G. F. da. *Aproveitamento da torta da Moringa oleifera Lam para tratamento de água produzida*. Exacta. 2011.
24. PIANTÁ, C. A.V. *Emprego de Coagulantes Orgânicos Naturais como Alternativa ao uso do Sulfato de Alumínio no Tratamento de Água*. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
25. PINTO, N. O.; HERMES, L. C. *Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do Semiárido do Brasil*. 2006. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos\\_53.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_53.pdf)> Acesso em: 15 mai. 2018.
26. PRIEST, N. D.; VAN DE VYVER, F. L. *Trace metals and fluoride in bones and teeth*. CRC Press; Boca Raton: 1990.
27. REGO, Paulo. *Guia Ambidata para Sistemas de Tratamento de Água para Consumo Humano*. Porto: Ambidata, Lda, 2004.
28. ROSA, M.; VIEIRA, P.; MENAIA, J. *O Tratamento de Água para Consumo Humano face à Qualidade da Água de Origem*. Lisboa: Europress, Ltda, 2009.
29. SARTORI, C. J. *Avaliação dos teores de compostos fenólicos nas cascas de Anadenanthera peregrina (angico-vermelho)*. 2013. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
30. SILVA, Cynthia Algyer da et al. *Classificação dos lodos formados durante o processo de coagulação/floculação da água com os coagulantes PAC e Moringa oleifera*. *Engvista*, v. 14, n. 3, 2012.
31. SILVA, T. S. S. *Estudo de tratabilidade físicoquímica com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto*. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz Escola Nacional de Saúde Pública, 1999.
32. SRINIVASAN, P T; VIRARAGHAVAN, T; SUBRAMANIAN, K S (1999). *Aluminum in drinking water: An overview*. *Wat San* 25, 345-349.
33. TANAC, Tanfloc SG. Disponível em: <<http://www.tanac.com.br/pt-br/produtos/aguas>> Acesso em: 15 mai. 2018.
34. TEIXEIRA, A.R.; SANTOS, E.P.C.; PÁDUA, V.L.; HELLER, L.; DI BERNARDO, L.; LIBÂNIO, M. *A Confiabilidade Analítica dos Valores de Turbidez da Água Filtrada e seu Efeito no Cumprimento do Padrão de Potabilidade*. *Revista de Engenharia Sanitária Ambiental*, v.9, n.1, p.65-72. 2004.
35. VAZ, Luiz Gustavo de Lima. *Performance do Processo de coagulação/ floculação no tratamento de efluente líquido gerado na galvanoplastia*. 2009.
36. VIANNA, M. R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, p.344, 1992.
37. VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico das Águas Residuárias – Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos*. DESA, Belo Horizonte, Brasil, p.211, 1996.