

## II-030 – TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO UTILIZANDO FILTRO ORGÂNICO SEGUIDO DE COAGULAÇÃO COM EXTRATO DE SEMENTES DE MORINGA PREPARADO COM $\text{Ca(OH)}_2$

**Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco<sup>(1)</sup>**

Engenheira Agrícola, Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professora do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Santa Teresa

**Antonio Teixeira de Matos<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola e Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa. Professor do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

**Valdeir Eustáquio Junior<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestre em Engenharia Agrícola e Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa.

**Suymara Toledo Miranda<sup>(4)</sup>**

Engenheira Agrícola e Ambiental, Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa.

**Ivan Célio Andrade Ribeiro<sup>(5)</sup>**

Estudante de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua dos Imigrantes, n. 10, Centro, Santa Maria de Jetibá – ES, CEP: 29645-000, Brasil . e-mail: [paolalm@ifes.edu.br](mailto:paolalm@ifes.edu.br)

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a eficiência do processo de filtração de esgoto doméstico bruto em serragem de madeira, com e sem exclusão dos dois primeiros volumes de poros, seguido de coagulação, utilizando o extrato de sementes de moringa preparado com  $\text{Ca(OH)}_2$ . Amostras do esgoto sanitário bruto, submetido à filtração com e sem a exclusão dos dois primeiros volumes de poros seguido de coagulação e submetido somente à filtração com e sem a exclusão dos dois primeiros volumes de poros, foram analisadas quanto às concentrações de ST, STF, STV, SST, SSF, SSV e quanto aos valores de Turbidez e Condutividade elétrica. Na maioria das variáveis físicas avaliadas, o tratamento excluindo os dois primeiros volume de poros seguido de coagulação ( $F_{(E)+C}$ ) proporcionou menores valores efluentes, comparado com o tratamento no qual isso não foi feito ( $F_{(SE)+C}$ ). Substâncias solubilizadas do material constituinte do filtro orgânico dificultaram o processo de coagulação pelo extrato de sementes de moringa preparado em  $\text{Ca(OH)}_2$ , proporcionando baixa ou nenhuma eficiência de remoção de sólidos do esgoto sanitário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Filtração, coagulação, moringa.

### INTRODUÇÃO

Dentre as diversas etapas de tratamento de águas com baixa ou elevada turbidez, destaca-se o processo de coagulação, utilizado no tratamento de águas para abastecimento e diversos efluentes domésticos e industriais.

O sulfato de alumínio é um dos os principais coagulantes químicos mais utilizados no Brasil, em razão da elevada eficiência na remoção de sólidos em suspensão e pelo seu relativo baixo custo. LO MONACO et al. (2010) ressaltam, no entanto, que ele pode tornar-se caro quando utilizado em áreas mais afastadas para onde deva ser transportado e por proporcionar, nas estações de tratamento de água, a geração de um lodo de difícil disposição final, já que é rico em alumínio, um elemento químico tóxico às plantas. Além disso, SILVA et al. (2007) afirmam que a utilização de sais de alumínio apresenta, como desvantagens, a produção de grande volume de lodo e o consumo da alcalinidade no tratamento da água, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do seu pH.

Dessa forma, em comunidades mais afastadas e com carência de sistemas de tratamento de água e esgoto, uma alternativa à substituição do sulfato de alumínio seria a utilização de coagulantes naturais, produzidos no local e

com baixo custo financeiro. Dentre vários coagulantes naturais avaliados, a *Moringa oleifera* tem se destacado (PRICHARD et al., 2009). Segundo NDABIGENGESERE et al. (1995), o poder coagulante da *Moringa oleifera* decorre da presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água e, por meio de um processo de neutralização e adsorção, proporcionam floculação dos colóides.

Além da eficiência já constatada quando se utiliza somente o extrato de sementes de moringa na remoção de diversos sólidos dissolvidos e em suspensão da água (ABDULSALAM et al., 2007; PRICHARD et al., 2009; 2010; LO MONACO et al., 2010), pesquisas têm sugerido que a adição de substâncias químicas no preparo do extrato pode proporcionar eficiência ainda maior da referida suspensão na clarificação de diversos tipos águas em tratamento (SÁNCHEZ-MARTÍN et al., 2010).

PEREIRA et al. (2012), ao avaliarem o efeito da adição de diferentes sais e da cal hidratada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) no preparo do extrato de sementes de moringa, utilizado como agente coagulante na remoção de turbidez de esgoto sanitário, concluíram que o preparo do extrato de sementes de moringa com o  $\text{Ca(OH)}_2$  proporcionou elevada remoção (80 a 85%) de turbidez, aplicando-se uma dose ótima de  $2,2 \text{ g L}^{-1}$  de esgoto doméstico. Essa dose, no entanto, demandaria grande área cultivada com plantas de moringa. Dessa forma, os autores recomendaram tratamento prévio, como por exemplo, a utilização de filtros orgânicos, antes do esgoto sanitário bruto passar pelo processo de coagulação. Possuindo o efluente do filtro orgânico menor quantidade de sólidos em suspensão, seria gasta menor quantidade de sementes no processo, minimizando seu gasto no tratamento.

Os filtros orgânicos têm sido utilizados no tratamento de diversos tipos de águas residuárias (MATOS et al., 2010; LO MONACO et al., 2011a) e, devido aos ótimos resultados obtidos na remoção de diversas variáveis, principalmente sólidos suspensos (MAGALHÃES et al., 2006; LO MONACO et al., 2011b) podem constituir boa opção de tratamento antecedendo à coagulação.

Em vários trabalhos em que se avaliou o tratamento de águas residuárias em filtros orgânicos, constatou-se aumento de vários constituintes orgânicos e inorgânicos nos primeiros volume de poros filtrados (LO MONACO et al., 2011a; 2011b), devido à solubilização desses constituintes oriundos do próprio material filtrante. Assim, levanta-se a hipótese de que se houver a exclusão dos dois primeiros volumes de poros filtrados, ou seja, direcionando-os por disposição no solo via fertirrigação, o processo de coagulação pós filtro possa ser mais eficiente, em razão do efluente conter menor concentração de sólidos e solutos em solução.

Assim, objetivou-se, com a realização do presente trabalho, avaliar a eficiência do processo de filtração de esgoto doméstico bruto em serragem de madeira, com e sem exclusão dos dois primeiros volumes de poros, seguido de coagulação, utilizando o extrato de sementes de moringa preparado com  $\text{Ca(OH)}_2$ .

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental de Tratamento de Resíduos Urbanos, do Departamento de Engenharia Agrícola, receptor de esgoto sanitário proveniente do bairro Acamari e adjacências, em Viçosa, MG, apresentando, inicialmente, turbidez média de 51,1 UNT.

O sistema de filtragem foi constituído por uma tubulação de PVC de 250 mm, com área transversal de  $463,8 \text{ cm}^2$  e 0,7 m de altura e tampão final, onde foi instalada uma válvula de gaveta na parte inferior para permitir a saída da água filtrada. Como material filtrante, optou-se pela serragem de madeira, em razão dos ótimos resultados obtidos por diversos autores (MAGALHÃES et al., 2006), comparados com outros materiais filtrantes. A serragem de madeira foi secada ao ar e passada em peneira, de forma a se obter partículas de diâmetro entre 2 e 3 mm. O material filtrante foi acondicionado no filtro de forma gradual, em camadas de 10 cm de espessura, sob compressão de  $12.490 \text{ N m}^{-2}$  (pressão equivalente à proporcionada por um homem de 70 kg), até ser atingida a altura de 0,445 m.

O processo de filtração iniciou-se, primeiramente, com a saturação do filtro com o efluente. Depois de saturado, a válvula posicionada no fundo do filtro foi aberta e, a partir daí, o processo de filtração passou a ser

contínuo, mantendo-se carga hidráulica de 0,20 a 0,25 m do esgoto sanitário bruto acima da superfície do material filtrante.

A partir do conhecimento do volume total do filtro, ocupado pela massa de material filtrante e porosidade drenável (obtida em laboratório), foi possível calcular o volume de poros do filtro, ou seja, volume de espaços vazios no material filtrante.

Um total aproximado de 73 litros de esgoto sanitário bruto foram filtrados, o que correspondeu a 6 volume de poros, sendo o efluente coletado, em sequência, utilizando-se frascos de capacidade de 1 L. Cada volume de poros correspondeu a 12,2 L. Assim, as amostras eram coletadas entre a filtragem de 11,5 a 12,5 L para formação da amostra relativa ao referido número de volume de poros.

De posse dos 6 volume de poros filtrados, o experimento foi dividido em dois tratamentos: Tratamento 1 (SE), sem exclusão dos 2 primeiros volume de poros e Tratamento 2 (E), excluindo os 2 primeiros volume de poros. No primeiro, coletou-se 500 mL de cada volume de poros, totalizando 3 L (Tratamento 1). No segundo tratamento, coletou-se 500 mL dos 4 últimos volume de poros, totalizando 2 L (Tratamento 2).

De cada tratamento coletou-se 500 mL, realizando-se três repetições, e adicionou-se a solução do extrato de sementes de moringa preparada com  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $0,011 \text{ mol L}^{-1}$ , numa concentração de 1,0 grama de sementes de moringa para cada litro de esgoto sanitário a ser tratado. A solução do extrato de sementes de moringa foi preparada no mesmo dia em que foi utilizada para os ensaios. A concentração escolhida foi menor que a concentração de  $2,2 \text{ g L}^{-1}$  utilizada por Pereira et al. (2012), também preparada em  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $0,011 \text{ mol L}^{-1}$ , na qual obtiveram eficiência de 85% na remoção de turbidez do esgoto sanitário.

Amostras do esgoto sanitário bruto (EB), submetido à filtração sem excluir os dois primeiros volumes de poros seguido de coagulação ( $F_{(SE)+C}$ ), submetido somente à filtração sem excluir os dois primeiros volume de poros ( $F_{(SE)}$ ), submetido à filtração excluindo os dois primeiros volume de poros seguido de coagulação ( $F_{(E)+C}$ ), e submetido somente à filtração excluindo os dois primeiros volumes de poros ( $F_{(E)}$ ), foram submetidas às análises de turbidez, pelo método nefelométrico, condutividade elétrica, pelo método da potenciometria e sólidos (sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis), pelo método gravimétrico, as quais foram executadas em conformidade com recomendações contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005).

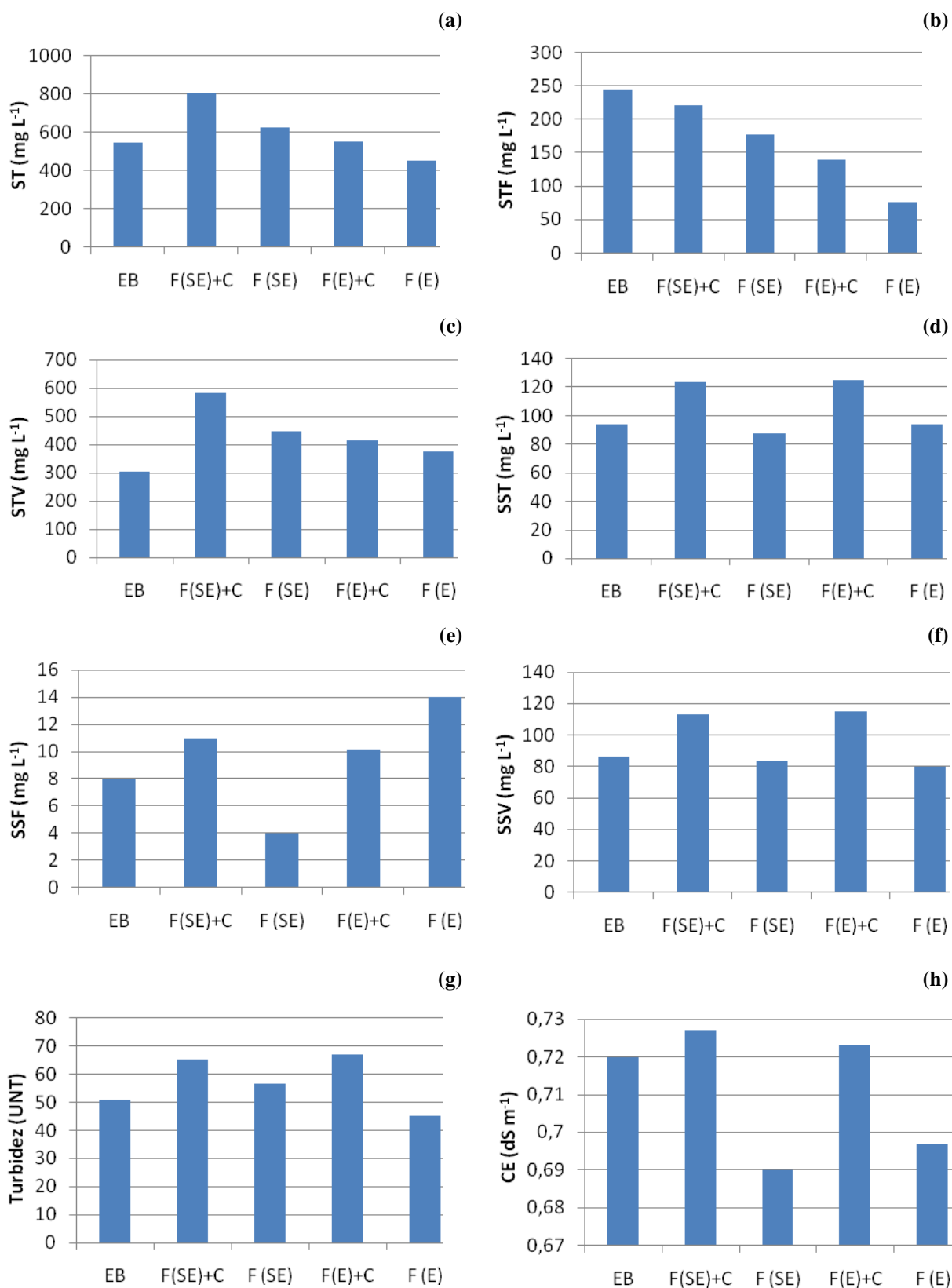
A análise dos dados foi efetuada realizando-se a estatística descritiva, ou seja, média, desvio padrão e coeficiente de variação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores das médias, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das análises físicas efetuadas nos dois tratamentos aplicados ( $F_{(SE)+C}$  e  $F_{(E)+C}$ ) e na Figura 1 estão apresentados os resultados das análises físicas dos mesmos tratamentos dispostos em gráfico de barras juntamente com os valores de esgoto sanitário bruto (EB) e este submetido somente aos processos de filtração sem ( $F_{(SE)}$ ) e com ( $F_{(E)}$ ) a exclusão dos dois primeiros volumes de poros.

**Tabela 1.** Valores das médias, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das análises químicas nos dois tratamentos aplicados

| Parâmetro |       | $F_{(SE)}+C$ | $F_{(E)}+C$ |
|-----------|-------|--------------|-------------|
| ST        | Média | 803,75       | 553,33      |
|           | DP    | 47,15        | 113,91      |
|           | CV    | 5,86         | 20,58       |
| STF       | Média | 221,66       | 139,16      |
|           | DP    | 14,91        | 8,13        |
|           | CV    | 6,72         | 5,84        |
| STV       | Média | 582,08       | 414,16      |
|           | DP    | 49,47        | 108,34      |
|           | CV    | 8,49         | 26,16       |
| SST       | Média | 124,0        | 125,33      |
|           | DP    | 5,65         | 28,72       |
|           | CV    | 4,56         | 22,92       |
| SSF       | Média | 11,0         | 10,13       |
|           | DP    | 1,41         | 2,01        |
|           | CV    | 12,85        | 19,87       |
| SSV       | Média | 113,0        | 115,2       |
|           | DP    | 4,24         | 30,43       |
|           | CV    | 3,75         | 26,41       |
| Turbidez  | Média | 65,45        | 67,19       |
|           | DP    | 3,72         | 2,30        |
|           | CV    | 5,68         | 3,42        |
| CE        | Média | 0,727        | 0,723       |
|           | DP    | 0,0037       | 0,005       |
|           | CV    | 0,52         | 0,69        |



**Figura 1.** Valores médios da concentração de: (a):ST, (b) STF, (c) STV, (d) SST, (e) SSF, (f) SSV, (g) Turbidez e (h) condutividade elétrica no esgoto bruto (EB), filtração sem excluir os 2 primeiros volumes de poros seguido de coagulação (F<sub>(SE)</sub>+C), somente filtração sem excluir os 2 primeiros volumes de poros (F<sub>(SE)</sub>), filtração excluindo os 2 primeiros volumes de poros seguido do coagulação (F<sub>(E)</sub>+C) e somente filtração excluindo os 2 primeiros volumes de poros (F<sub>(E)</sub>).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1 e Figura 1, observa-se que em todas as variáveis avaliadas, excetuando-se o SST, SSV e Turbidez, cujos valores variaram pouco, o tratamento excluindo os dois primeiros volume de poros seguido de coagulação ( $F_{(E)}+C$ ) foi o mais eficiente na remoção de poluentes que o que não se excluiu os 2 primeiros volume de poros. Ainda assim, proporcionou, à exceção da variável STF, maiores concentrações que no esgoto sanitário bruto (Figura 1), o que indica piora na qualidade da água residuária.

Quando foi utilizada somente a filtração do esgoto sanitário, sem excluir os 2 primeiros volume de poros efluente ( $F_{(SE)}$ ), observou-se decréscimo nos valores de STF, SST, SSF e SSV, em relação ao esgoto bruto (Figura 1), obtendo-se eficiências de remoção de 27,2%; 6,8%; 50% e 2,3% respectivamente. Quando foi utilizada somente a filtração, excluindo-se os 2 primeiros volumes de poros efluentes ( $F_{(E)}$ ), a eficiência de remoção de ST, STF, SSV e turbidez foi, respectivamente, de 18%, 68,7%, 7% e 11,3%.

Embora o tratamento  $F_{(E)}$  tenha proporcionado, de um modo geral, resultados relativamente melhores que o tratamento  $F_{(SE)}$ , as eficiências de remoção foram muito baixas comparando-se com os resultados obtidos em diversos outros trabalhos utilizando filtros orgânicos (MAGALHÃES, et al., 2006; LO MONACO, et al., 2011a; 2011b). Há de se ponderar que os resultados contabilizados por esses autores foram relatados, quando houve a estabilização dos filtros, ou seja, no final do processo de filtração. Neste trabalho, os volumes de poros coletados foram misturados desde o início ( $F_{(SE)}$ ) ou a partir do terceiro volume de poros ( $F_{(E)}$ ), o que implicou em menor eficiência de remoção dos poluentes.

De qualquer forma, acredita-se que, na prática, os primeiros volume de poros devam direcionados para a fertirrigação de culturas, já que o efluente é rico em diversos nutrientes disponibilizados pelo próprio material filtrante e que somente a partir do terceiro volume de poros é que o filtro passa a reter efetivamente os diversos constituintes da água residuária em tratamento.

Além do que foi discutido, dois fatores estiveram diretamente relacionados à inoperância do sistema em remover sólidos do esgoto sanitário: incremento na concentração de sólidos, proporcionada pela adição da solução de extrato de sementes de moringa ao esgoto sanitário, e prejuízo que os sólidos solúveis disponibilizados pelo próprio material orgânico filtrante proporcionaram ao processo de coagulação pela moringa.

Os sólidos solúveis disponibilizados pelo próprio material orgânico do filtro dificultaram o processo de coagulação proporcionado pelo extrato de sementes de moringa no efluente do filtro. Tal fato foi também constatado em trabalho realizado por MATOS et al. (2012) que, ao avaliarem o efeito de concentrações crescentes do extrato de sementes de moringa no efluente de filtro orgânico constituído por serragem de madeira, concluíram que o aumento na concentração do coagulante proporcionou aumento na turbidez do efluente do filtro. Os autores atribuíram esse resultado à inativação do poder coagulante da proteína da semente de moringa por algum constituinte solubilizado do material filtrante. Assim, os autores observaram que, não havendo coagulação de sólidos do efluente do filtro orgânico, a turbidez aumentou, proporcionalmente, à quantidade de extrato de sementes de moringa adicionado à água residuária.

## CONCLUSÕES

Na maioria das variáveis físicas avaliadas, o tratamento excluindo os dois primeiros volume de poros seguido de coagulação ( $F_{(E)}+C$ ) proporcionou menores valores efluentes, comparado com o tratamento no qual isso não foi feito ( $F_{(SE)}+C$ );

Substâncias solubilizadas do material constituinte do filtro orgânico dificultaram o processo de coagulação pelo extrato de sementes de moringa preparado em  $Ca(OH)_2$ , proporcionando baixa ou nenhuma eficiência de remoção de sólidos do esgoto sanitário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDULSALAM, S.; GITAL, A.A.; MISAU, I.M.; SULEIMAN, M.S. Water clarification using *Moringa oleifera* seed coagulant: Maiduguri raw water as a case study. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.5, n.1, p.302-306, 2007.
2. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005. 1268p.
3. GHEBREMICHAEL, K.A.; GUNARATNA, K.R.; HENRIKSSON, H.; BRUMER, H.; DALHAMMAR, G. A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed. **Water Research**, New York, n.39, p.2338-2344, 2005.
4. LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; BRANDAO, V.S. Influência da granulometria dos sólidos triturados de sabugo de milho e bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.5, p.975-985, 2011a.
5. LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; SARMENTO, A.P.; MOREIRA, R.M.G. Desempenho de filtros constituídos por pergaminho de grãos de café (*Coffea* sp.) no tratamento de águas residuárias. **Coffe Science**, Lavras, v.6, n.2, p.120-127, 2011b.
6. LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; RIBEIRO, I.C.A.; NASCIMENTO, F.S.; SARMENTO, A.P. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Ambi-água**, Taubaté, v.5, n.3, p.222-231, 2010.
7. MAGALHÃES, M.A.; MATOS, A.T.; DENÍCULI, W.; TINOCO, I.F.F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.472-478, 2006.
8. MATOS, A.T.; MAGALHÃES, M.A.; SARMENTO, A.P. Perda de carga em filtros orgânicos utilizados no tratamento de água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.527-537, 2010.
9. MATOS, M.P.; BATISTA, A.P.S.; RIBEIRO, I.C.A.; SILVA, E.F. Tratamento de esgoto sanitário em filtro orgânico seguido por coagulação com adição de extrato de sementes de moringa. **Anais...** In: XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – SBEA, 2012, Londrina-PR.
10. NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S.; TALBOT B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research**, v.29, n.2, p.703-710, 1995.
11. PEREIRA, M.S.; LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; BAKER, S.A.A.; BATISTA, A.P.S. Efeito da adição de diferentes sais no preparo do extrato de sementes de moringa utilizada como coagulante no tratamento de esgoto sanitário. **Anais...** In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS, 2012, Salvador-BA.
12. PRITCHARD, M.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A.; O'NEILL, J.G.; KULULANGA, G. Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi. **Physics and Chemistry of the Earth**, v.34, p.799-805, 2009.
13. SILVA, M.E.R.; AQUINO, M.D.; SANTOS, A.B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v.28, n.2, p.178-190, 2007.