



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP  
REPOSITÓRIO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E INTELLECTUAL DA UNICAMP

**Versão do arquivo anexado / Version of attached file:**

Versão do Editor / Published Version

**Mais informações no site da editora / Further information on publisher's website:**

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162014000400017](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162014000400017)

**DOI: 10.1590/S0100-69162014000400017**

**Direitos autorais / Publisher's copyright statement:**

©2014 by Associação Brasileira de Engenharia Agrícola / Brazilian Agricultural Engineering Society. All rights reserved.

DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

Cidade Universitária Zeferino Vaz Barão Geraldo

CEP 13083-970 – Campinas SP

Fone: (19) 3521-6493

<http://www.repositorio.unicamp.br>

# USO DE COAGULANTES NATURAIS À BASE DE *MORINGA OLEIFERA* E TANINO COMO AUXILIARES DA FILTRAÇÃO EM GEOTÊXTIL SINTÉTICO NÃO TECIDO

CAMILA C. ARANTES<sup>1</sup>, TÚLIO A. P. RIBEIRO<sup>2</sup>, JOSÉ E. S. PATERNIANI<sup>3</sup>,  
MARINA S. S. TATEOKA<sup>4</sup>, GABRIELA K. E SILVA<sup>5</sup>

**RESUMO:** Coagulantes naturais como *Moringa oleifera* e tanino podem ser usados em sistema de tratamento de água, com a finalidade da remoção de turbidez. Em testes de laboratório, simulou-se uma água bruta com turbidez na faixa de 101 a 110 NTU, que foi tratada utilizando-se de *M. oleifera* e tanino como coagulantes. Foi feita a filtração direta da água coagulada e floculada com uso de geotêxtil sintético não tecido como meio filtrante. Foram avaliados diferentes métodos para o preparo da solução do coagulante à base de *M. oleifera*. Também se comparou o comportamento dos dois coagulantes em relação à remoção de turbidez e à influência na variação do pH da água tratada. Os resultados obtidos na comparação entre os coagulantes demonstraram que o tanino (*Tanfloc SG*), por ser um produto industrializado e padronizado, apresenta comportamento mais estável ao longo da filtração em relação à *M. oleifera*. Embora tenham ocorrido variações nos valores de turbidez ao longo da filtração com o uso da *M. oleifera*, houve considerável redução no parâmetro, que permaneceu abaixo de 5 NTU em todos os ensaios, concluindo-se que o uso da *M. oleifera* é viável quando se considera a redução de turbidez.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento de água; coagulação-floculação; polímeros naturais; remoção de turbidez; saneamento rural.

## USE OF NATURAL COAGULANTS BASED ON *MORINGA OLEIFERA* AND TANNIN AS FILTER AIDS FOR NON-WOVEN SYNTHETICS FABRICS

**ABSTRACT:** Natural coagulants such as *Moringa oleifera* and tannin can be used in water treatment systems aiming to remove turbidity. Raw water with turbidity range from 101 to 110 NTU was simulated in laboratory tests, and treated using *M. oleifera* and tannin as coagulants. Coagulated and flocculated water was filtered directly through non-woven synthetics fabrics. Different methods of coagulating solution preparation were evaluated based on *M. oleifera*. Both coagulant behavior were also compared with respect to turbidity removal and their influence on treated water pH alteration. Comparison results for the two coagulants showed that tannin (*Tanfloc SG*), since it was an industrialized standardized product, presented a more stable behavior throughout filtration as compared to *M. oleifera*. Although variations in turbidity occurred during filtration with *M. oleifera*, there was a considerable reduction in this parameter, which remained below 5 NTU in all trials. Therefore, *M. oleifera* is feasible when considering turbidity reduction.

**KEYWORDS:** coagulation-flocculation; natural polymers; rural sanitation; turbidity removal; water treatment.

<sup>1</sup> Tecg<sup>a</sup> em Saneamento Ambiental, Doutora em Engenharia Civil, Departamento de Saneamento e Ambiente, UNICAMP/Campinas – SP, kamilarantes@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Doutor em Eng. Agrícola, Departamento de Água e Solo, UNICAMP/Campinas – SP, tulior@feagri.unicamp.br.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Civil, Prof. Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola, Departamento de Água e Solo, UNICAMP/Campinas – SP, Fone: (19) 3521-1019, pater@feagri.unicamp.br.

<sup>4</sup> Eng<sup>a</sup> Agrícola, Mestre em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina/Florianópolis – SC, marinaslussarek@gmail.com.

<sup>5</sup> Eng<sup>a</sup> Agrícola, Doutoranda em Eng. Agrícola, Depto. de Máquinas Agrícolas, UNICAMP/Campinas – SP, gabrielaks8@gmail.com.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 28-5-2013

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 7-3-2014

## INTRODUÇÃO

Dados do censo demográfico de 2010 (IBGE, 2011) apontam que enquanto na zona urbana brasileira 91,9% dos domicílios são atendidos com rede geral de abastecimento de água, na zona rural este percentual é de 27,8%. Nos demais domicílios rurais, o abastecimento de água é feito a partir de poços e nascentes (água subterrânea), fontes superficiais, água de chuva e uso de caminhões-pipas, situações que nem sempre garantem água de qualidade. Embora o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011) demonstre que houve melhorias na infraestrutura de saneamento básico no período entre os censos de 2000 e 2010, verifica-se que, na zona rural, o percentual de domicílios atendidos com rede geral de abastecimento ainda é baixo.

Para ALI et al. (2010), a falta de recursos financeiros pode ser uma das causas dos problemas de abastecimento de água na zona rural. Outro fator a ser considerado deve ser a dispersão e baixa densidade populacional, que dificulta a implantação de redes de abastecimento. Tecnologias simples e de baixo custo, como a filtração lenta e o uso de coagulantes naturais, como a *M. oleifera* e tanino, podem viabilizar o acesso à água potável nestes casos. POUMAYE et al. (2012) consideram que o uso de coagulantes naturais, se comparado ao uso de coagulantes químicos, apresenta vantagens ambientais, como biodegradabilidade e possibilidade de produção local.

A *M. oleifera* é uma espécie vegetal cujas sementes apresentam peptídeos catiônicos responsáveis pela coagulação (VIEIRA et al., 2010), sendo considerada uma alternativa de baixo custo em relação ao tratamento químico convencional (MATOS et al., 2007). Taninos são compostos fenólicos hidrossolúveis extraídos de espécies vegetais, como *Schinopsis balansae* (Quebracho), *Castanea sativa* (Castanehiro) e *Acacia mearnsii* (Acácia negra) (BELTRAN-HEREDIA et al., 2011), e têm sido utilizados tradicionalmente para curtir peles de animais e como floculante para tratamento de água residuária e de abastecimento (SÁNCHEZ-MÁRTIN et al., 2009). POUMAYE et al. (2012) consideram que o uso do coagulante à base de *M. oleifera* é eficiente na clarificação da água, sendo necessária a realização de filtração para a remoção de matéria orgânica introduzida pelo coagulante.

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência dos coagulantes extraídos das sementes de *M. oleifera* e à base de tanino como auxiliares da filtração lenta com uso de geotêxtil sintético não tecido.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Preparo da água bruta

Para evitar variações na turbidez e interferência de parâmetros não avaliados, adotou-se método padronizado para o preparo da água bruta, baseado em PATERNIANI et al. (2010). Adicionou-se bentonita em água destilada na proporção de 400 mg L<sup>-1</sup>. Após um período de agitação de 30 minutos, a mistura foi condicionada em baldes e mantida em repouso por 24 horas, sendo que, ao término deste período, recolheu-se o sobrenadante, que foi utilizado nos ensaios, com turbidez variando entre 101 e 110 NTU.

### Preparo do coagulante à base de sementes de *M. oleifera*

O coagulante à base de sementes de *M. oleifera* foi utilizado em duas fases da pesquisa. Inicialmente, realizaram-se ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, avaliando-se o uso de quatro equipamentos para o preparo da solução: pilão, máquina de moer manual, mixer e liquidificador, com a finalidade de adotar-se um processamento mais eficiente nos ensaios de filtração. Nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, a dosagem de coagulante utilizada foi igual a 500 mg L<sup>-1</sup>. Com base nos resultados obtidos nos ensaios descritos acima, definiu-se um tipo de processamento a ser utilizado nos ensaios de filtração, nos quais foram testadas dosagens iguais a 500 e 300 mg L<sup>-1</sup>.

As sementes de *M. oleifera* utilizadas foram produzidas em Campinas, São Paulo, Brasil, tendo sido colhidas secas e armazenadas a 5 °C. Com o uso da máquina ou do pilão, sementes descascadas foram trituradas e dividiu-se a massa de pó em duas partes. Uma parte foi utilizada sem peneiramento, e a outra parte foi passada pela peneira com abertura de 0,8 mm. Em cada parte, adicionou-se água destilada proporcional à concentração de 2% (m/V) (20000 mg L<sup>-1</sup>) e homogeneizaram-se as soluções por 2 minutos em agitador magnético. Filtrou-se cada uma das soluções em peneira com abertura de 0,125 mm. Quando foi usado o liquidificador ou o mixer, as sementes descascadas foram adicionadas inteiras nos equipamentos com água destilada, utilizando-se da concentração de 2%. Com rotação de 1.500 rpm, processaram-se as sementes durante 1 minuto, e depois peneirou-se a solução em peneira com abertura de 0,125 mm. Desta forma, houve seis diferentes tipos de processamento para a obtenção da solução coagulante: máquina de moer manual, com e sem peneiramento do pó, pilão com e sem peneiramento do pó, liquidificador e mixer. Utilizando dosagem de 500 mg L<sup>-1</sup>, efetuou-se o tratamento composto pelas etapas de coagulação com gradiente de velocidade de 800 s<sup>-1</sup> por 1 minuto, floculação com gradiente de velocidade de 40 s<sup>-1</sup> por 10 minutos e sedimentação por 30 minutos. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. Para a análise estatística dos dados desta etapa, utilizou-se do teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

Os procedimentos descritos acima são baseados em ARANTES et al. (2012).

A partir dos resultados obtidos nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, utilizando os seis diferentes tipos de processamento, definiu-se o processamento que apresentou melhores resultados na redução de turbidez. Este processamento foi utilizado nos ensaios de filtração. Com base em estudos preliminares, duas dosagens de coagulante à base de sementes de *M. oleifera* foram testadas nos ensaios de filtração, sendo estas 500 e 300 mg L<sup>-1</sup> de solução a 2%.

#### **Preparo do coagulante à base de tanino**

O tanino utilizado foi fornecido pela TANAC S/A (Tanfloc SG líquido), cujas características técnicas estão disponíveis em TANAC (2011). O processo de produção do Tanfloc baseia-se em modificações físico-químicas do tanino, obtido a partir de casca de acácia-negra, sendo protegido por uma patente intelectual americana, cujo número é 6478986 B1 (SÁNCHEZ-MÁRTIN et al., 2009). Diluiu-se o tanino em água destilada na concentração de 1% (10 mL L<sup>-1</sup>) para a obtenção da solução-estoque. A partir de ensaios preliminares de coagulação, floculação e sedimentação, definiu-se que as dosagens de 6 e 12 mL L<sup>-1</sup> da solução-estoque seriam empregadas nos ensaios de filtração.

#### **Filtração em geotêxtil sintético não tecido**

O sistema de tratamento de água foi montado em escala de bancada, sendo constituído por equipamento Jar-Test, responsável pelas etapas de coagulação e floculação, mangueiras e registros para coleta da água floculada e um filtro de garrafa PET, conforme descrito na Figura 1. Como os ensaios de filtração foram efetuados em batelada, com duração variando entre duas e quatro horas, a referência à filtração lenta neste trabalho é feita em função da baixa taxa de filtração adotada, que é característica desta tecnologia, não tendo sido avaliadas outras características de tal sistema, como a formação da camada biológica (schmutzdecke), que contribui para a retenção de impurezas. Após a realização das etapas de coagulação e floculação em equipamento Jar-Test, a água floculada era encaminhada para o filtro, cujo meio filtrante era constituído de cinco camadas de geotêxtil sintético não tecido da marca Ober S.A., com gramatura de 300 g cm<sup>-2</sup>, resultando numa altura aproximada de 15 mm. Os geotêxteis foram colocados sobre uma grelha circular com diâmetro de 100 mm e tiveram as laterais vedadas, utilizando a borda externa de uma grelha circular na parte superior do filtro. No bico coletor de cada jarro do equipamento Jar-Test, foi conectada mangueira de silicone com diâmetro de 4 mm, sendo que, na extremidade de cada mangueira, foi colocado um pequeno registro. Os registros provenientes de cada jarro foram unidos em série e ficaram abertos, possibilitando vazão máxima para cada jarro. Um sétimo registro foi adicionado ao sistema e, por meio deste registro, que estava ligado a uma mangueira de silicone, a água floculada era

direcionada para o filtro. Desta forma, efetuava-se o controle de vazão na entrada do filtro. A taxa de filtração média verificada nesta pesquisa foi de 4,25 e 3,75 m<sup>3</sup> m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> para a *M. oleifera* e tanino, respectivamente.

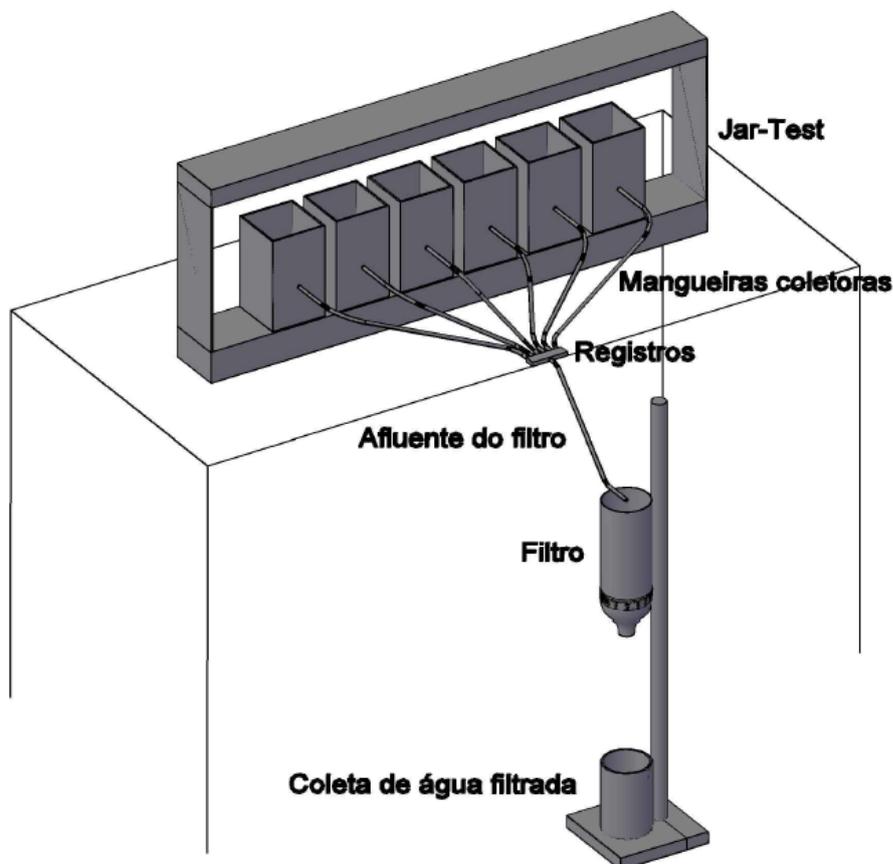


FIGURA 1: Esquema geral do sistema de tratamento. *Treatment system design.*

Na etapa de coagulação, adotaram-se dois valores de gradientes de velocidade (400 e 800 s<sup>-1</sup>) e dois tempos de mistura (30 e 60 segundos), com a finalidade de avaliar a influência de tais parâmetros na eficiência do geotêxtil sintético não tecido na retenção de impurezas presentes na água durante a filtração, totalizando quatro condições de coagulação. Em cada uma destas condições, foram testadas duas dosagens de *M. oleifera* (300 e 500 mg L<sup>-1</sup> a 2%) e duas dosagens de tanino (6 e 12 mL L<sup>-1</sup>), totalizando 16 tratamentos. Na floculação, adotaram-se gradiente de velocidade de 20 s<sup>-1</sup> e tempo de mistura de 10 minutos para todos os ensaios. Durante a filtração, a água presente nos jarros foi mantida em agitação lenta, com gradiente de velocidade de aproximadamente 10 s<sup>-1</sup>, para evitar a ocorrência de sedimentação.

Para cada um dos tratamentos citados acima, foram efetuados ensaios em duplicata. O encerramento de cada ensaio ocorria com o transbordamento do filtro ou com o esgotamento do volume passível de filtração (6 litros). Amostras foram coletadas em intervalos de 15 minutos, momento no qual também era efetuado o ajuste da vazão. Além dos ensaios com coagulação e floculação, também foram efetuados ensaios-controle, sem adição de coagulantes, com filtração direta da água bruta.

Os parâmetros avaliados foram: turbidez e pH com base no Standard Methods (APHA, 2005). A análise dos dados obtidos nos ensaios de filtração foi efetuada utilizando estatística descritiva (mediana, percentis, valores máximos e mínimos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Preparo do coagulante à base de sementes de *M. oleifera*

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios de turbidez obtidos após 30 minutos de sedimentação em função dos seis tipos de preparo da solução coagulante, além do resultado do teste de Tukey, realizado com nível de significância de 5%.

TABELA 1. Valores médios de turbidez após 30 minutos de sedimentação. **Turbidity average values after 30-minute sedimentation.**

PROCESSAMENTO	Turbidez Média	Redução (%)
Pilão/pó peneirado	2,07 – A	97,99
Máquina/pó peneirado	2,18 – A	97,89
Máquina/pó sem peneirar	8,78 – AB	91,45
Pilão/pó sem peneirar	14,33 – BC	86,04
Liquidificador	23,93 – C	76,76
Mixer	23,96 – C	76,73

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Os resultados descritos na Tabela 1 demonstram que os processamentos efetuados no pilão e na máquina com peneiramento do pó resultaram em solução coagulante com maior capacidade de remoção de turbidez, não havendo diferenças significativas entre os valores médios dos dois tratamentos. O processamento na máquina, seguido de peneiramento do pó, também apresentou valores médios sem diferenças significativas dos valores obtidos com o processamento na máquina sem peneiramento posterior. Os demais processamentos diferenciaram-se dos dois primeiros citados. SILVA & MATOS (2008) verificaram que a extração do conteúdo oleico presente nas sementes resulta em maior redução de turbidez, relacionando tal fato à uma melhor facilidade de sedimentação de flocos formados após a coagulação-floculação devido à ausência de óleo no meio. É provável que, ao se efetuar o processamento na máquina de moer e no pilão parte do óleo presente nas sementes tenha sido removida, o que não ocorre no processamento direto em meio líquido no liquidificador e no mixer.

Com base nos dados da Tabela 1, desconsiderou-se o uso dos quatro últimos processamentos, adotando-se o preparo na máquina por ser este mais prático que o processamento no pilão.

### Redução de turbidez utilizando filtração em geotêxtil sintético não tecido

Na Figura 2, representam-se as faixas de variação da turbidez ao longo da filtração para cada ensaio, efetuado com as quatro dosagens testadas nas quatro condições de ensaio, respectivamente. Os ensaios foram efetuados em duplicata; desta forma, as siglas E1 (ensaio 1) e E2 (ensaio 2) referem-se às repetições realizadas. As partes superiores e inferiores do gráfico representam os valores máximos e mínimos, as extremidades inferior e superior da caixa são os percentis 25% e 75%, e a linha no interior da caixa representa a mediana (percentil 50%).

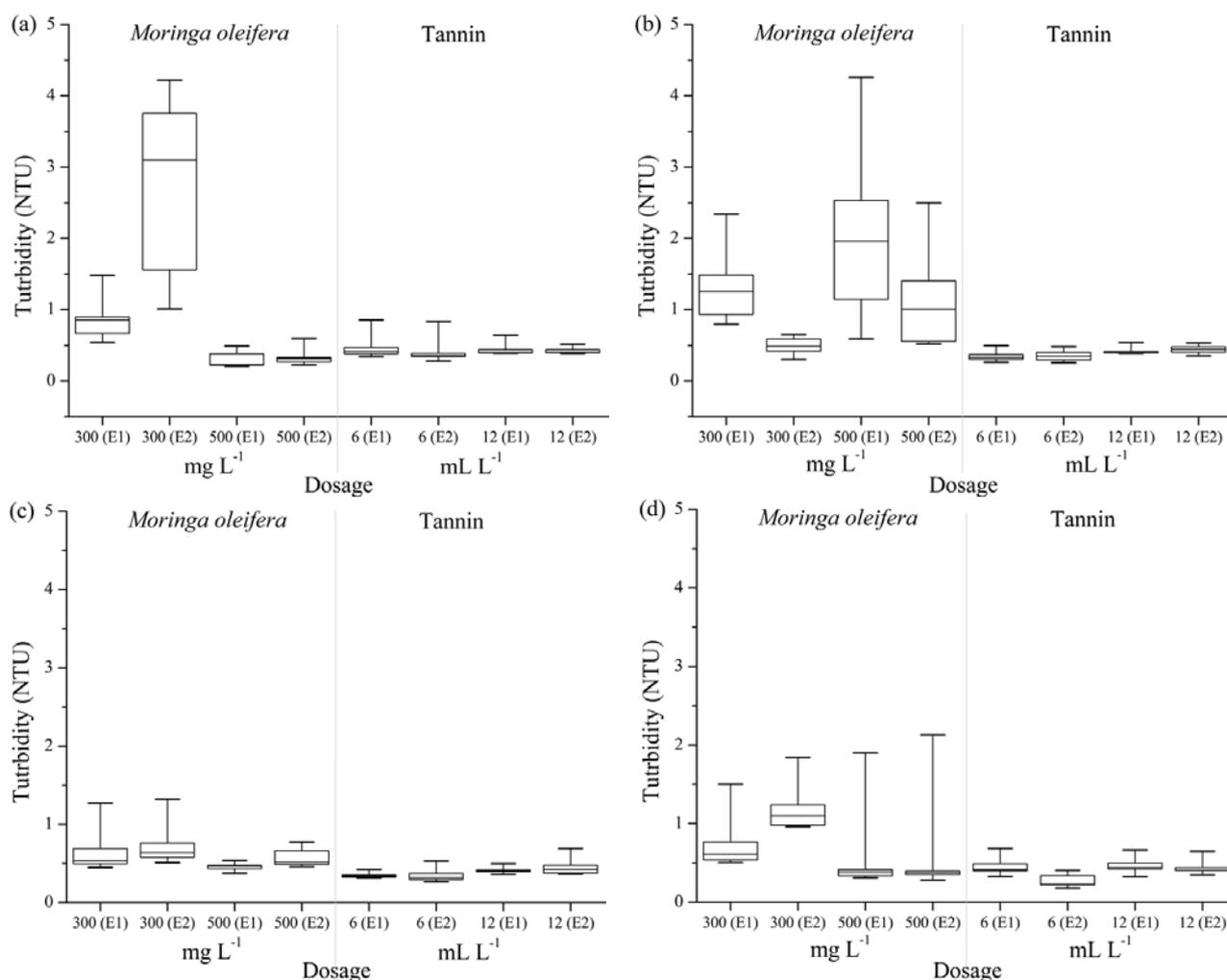


FIGURA 2. Variação dos valores de turbidez ao longo da filtração em função da dosagem de coagulante adotada e do ensaio efetuado: (a) Gradiente mistura rápida ( $G_{mr} = 400 \text{ s}^{-1}$ , Tempo mistura rápida ( $T_{mr} = 30 \text{ seg.}$ ); (b)  $G_{mr} = 400 \text{ s}^{-1}$ ,  $T_{mr} = 60 \text{ seg.}$ ; (c)  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ,  $T_{mr} = 30 \text{ seg.}$ ; (d)  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ,  $T_{mr} = 60 \text{ seg.}$  **Turbidity value variation throughout filtration in accordance with adopted coagulant dosage and applied trial: (a) quick mix gradient ( $G_{mr} = 400 \text{ s}^{-1}$ ; quick mix time ( $T_{mr} = 30 \text{ sec.}$ ); (b)  $G_{mr} = 400 \text{ s}^{-1}$ ,  $T_{mr} = 60 \text{ sec.}$ ; (c)  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ,  $T_{mr} = 30 \text{ sec.}$ ; (d)  $G_{mr} = 800 \text{ s}^{-1}$ ,  $T_{mr} = 60 \text{ sec.}$**

Com a utilização da *M. oleifera*, verificou-se que há maior variação nos valores de turbidez ao longo da filtração, em comparação ao tanino, principalmente nos ensaios nos quais a coagulação foi efetuada com gradiente de velocidade de  $400 \text{ s}^{-1}$  por 30 e 60 segundos, conforme demonstram a Figura 2 (a) e (b). Tal variação foi observada até mesmo entre ensaios com as mesmas condições de coagulação e mesma dosagem de coagulante. Essas oscilações, provavelmente, ocorreram em decorrência de não se tratar de um produto industrializado, sendo preparado diretamente a partir das sementes que podem apresentar variações em suas características. Além disso, conforme mostra a Figura 2 (a), (b), (c) e (d), em situações nas quais o gradiente de velocidade de mistura rápida é maior ( $800 \text{ s}^{-1}$ ), estas variações são menores, indicando que esse seria o valor de mistura rápida recomendado por este estudo.

No entanto, para todos os ensaios utilizando *M. oleifera*, os valores de turbidez permaneceram abaixo de 5 NTU. Considerando-se que a turbidez inicial da água bruta apresentava valores entre 104 e 122 NTU, conclui-se que ocorreu eficiência de remoção de 96% a 99%. BELTRÁN-HEREDIA & SÁNCHEZ-MÁRTIN (2009), com o uso de *M. oleifera*, encontraram eficiência de remoção de turbidez de 100% em ensaios de filtração lenta utilizando água de rio com turbidez na

faixa de 80 a 166 NTU. FRANCO et al. (2012), utilizando um sistema de filtração em múltiplas etapas, demonstraram que a aplicação de coagulante à base de sementes de *M. oleifera* no filtro lento resultou em redução de 99% da turbidez, porém tal procedimento reduziu significativamente a duração da carreira de filtração, ocasionando rápido entupimento do filtro. Desta forma, verifica-se que os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com a literatura.

O tanino, por ser um produto industrializado e padronizado, apresentou um comportamento homogêneo ao longo de todos os ensaios, conforme resultados apresentados na Figura 2 (a), (b), (c) e (d). Observa-se que todos os resultados apresentam valores abaixo de 1 NTU, quando os valores iniciais de turbidez estavam na faixa de 101 a 110 NTU, implicando eficiência de remoção superior a 99%. Estes valores estão de acordo com estudo realizado por SÁNCHEZ-MARTÍN et al. (2009), em que os autores utilizaram o tanino como floculante para água superficial de rio, com turbidez na faixa de 20 a 120 NTU.

Nos ensaios-controle, onde não houve adição de coagulantes, verificou-se que não ocorreu redução significativa da turbidez ao longo da filtração, conforme demonstrado na Figura 3. Os valores de turbidez da água bruta em tais ensaios eram 105 e 107 NTU nos ensaios A e B, respectivamente, e ao longo da filtração os valores mínimos de turbidez observados foram 103 e 101 NTU, respectivamente.

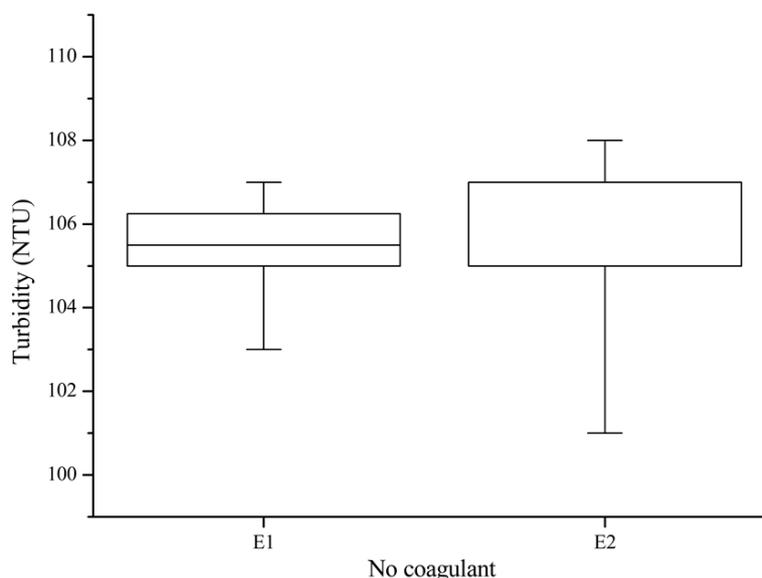


FIGURA 3. Variação dos valores de turbidez ao longo da filtração, durante os ensaios-controle.  
**Turbidity value variation throughout filtration during control trial.**

### Valores de pH

A água bruta utilizada nos ensaios com *M. oleifera* apresentava valores de pH entre 7,2 e 8,6. Após o tratamento, tais valores situavam-se entre 6,7 e 7,8. NDABIGENGESERE & NARASIAH (1996) afirmam que o uso da *M. oleifera*, quando comparado com o sulfato de alumínio, não altera significativamente o pH da água tratada. Conforme verificado neste estudo, não ocorreu elevada redução do pH na água tratada. NDABIGENGESERE & NARASIAH (1996) verificaram que a atuação da *M. oleifera* como coagulante não sofre influência do pH da água bruta, tendo sido observada redução de turbidez similar para valores de pH da água bruta variando entre 4,0 e 9,0. Em contrapartida, PRITCHARD et al. (2010) constataram maiores reduções de turbidez em água bruta com pH igual a 6,5, ocorrendo diminuição da eficiência conforme o valor do pH era elevado ou reduzido.

SÁNCHEZ-MÁRTIN et al. (2009) demonstraram que a ação do tanino como coagulante é mais efetiva em águas com valores de pH na faixa entre 4 e 5. Para valores de pH mais elevados, ou seja, entre 7 e 9, o floculante à base de taninos perde suas características naturais, devido a sua

natureza estrutural. GRAHAM et al. (2008) afirmam que a elevação do pH, principalmente na faixa de 6 a 7, acarreta a diminuição na densidade de carga do tanino. Nos ensaios com uso do tanino, a água bruta apresentou valores de pH na faixa de 7,3 a 8,7. Como comprovado por SÁNCHEZ-MÁRTIN et al. (2009) e GRAHAM et al. (2008), esta faixa de pH não corresponde aos melhores valores para a atuação de tal coagulante. Portanto, uma correção do pH da água bruta, reduzindo seu valor, implicaria dosagens menores de tanino neste trabalho. Porém, tecnologias de tratamento de água voltadas para regiões com escassez de recursos financeiros e mão de obra qualificada devem privilegiar ao máximo a simplicidade operacional. Após o tratamento com uso de tanino, os valores de pH variaram entre 6,0 e 6,8.

## CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou as seguintes conclusões:

- Os processos mais eficientes para a obtenção da solução coagulante à base de sementes de *M. oleifera* visando à redução de turbidez foram o pilão e a máquina de moer manual com o peneiramento do pó, nos quais, estatisticamente, não houve diferenças significativas.
- Com uso do *Tanfloc*, os valores de remoção de turbidez foram sempre superiores a 99%, e com a *M. oleifera*, variaram na faixa de 96% a 99%.
- Os valores de pH da água não foram afetados com a utilização da *M. oleifera*, como ocorreu com o *Tanfloc*.
- A aplicação do coagulante à base de sementes de *M. oleifera* como auxiliar da filtração em geotêxtil sintético não tecido, quando comparada com outro coagulante natural já industrializado (*Tanfloc*), apresenta potencial de utilização considerando a eficiência de redução de turbidez.
- Para o *Tanfloc*, a utilização das quatro condições de mistura utilizadas é recomendada. Já com o uso da *M. oleifera*, recomenda-se a utilização do gradiente de  $800\text{ s}^{-1}$  com tempos de mistura de 30 e 60 segundos, pois nestas condições obtiveram-se os melhores resultados.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo auxílio financeiro para a realização deste projeto (Processo: 2010/16223-0).

## REFERÊNCIAS

- ALI, E.N.; MUYIBI, S.A.; SALLEH, H.M.; ALAM, M.Z.; SALLEH, M.R.M. Production of natural coagulant from *Moringa oleifera* seed for application in treatment of low turbidity water. *Journal Water Resource and Protection*, Irvine, v. 2, p.259-266, 2010.
- APHA; AWWA; WEF. American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21<sup>th</sup> ed. Washington, 2005.
- ARANTES, C.C.; RIBEIRO, T.A.P.; PATERNIANI, J.E.S. Processamento de sementes de *Moringa oleifera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.6, p.661-666, 2012.
- BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J. Improvement of water treatment pilot plant with *Moringa oleifera* extract as flocculant agent. *Environmental Technology*, London, v. 30, n.6, p.525-534, maio. 2009. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09593330902831176> >. Acesso em: 12 dez 2011.
- BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M.A. Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. *Journal of Hazardous Materials*, Amsterdam, v. 186, p.1704-1712, 2011. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21237560> >. Acesso em: 20 nov 2013.

- FRANCO, M.; SILVA, G.K.; PATERNIANI, J.E.S. Water treatment by multistage filtration system with natural coagulant from *Moringa oleifera* seeds. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.32, n.5, p.989-997, set./out. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162012000500018&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162012000500018&script=sci_arttext)>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- GRAHAM, N.; GANG, F.; FOWLER, G.; WATTS, M. Characterisation and coagulation performance of tannin-based cationic polymer: A preliminary assessment. *Colloids and Surface. A Physicochemical and Engineering Aspects*, Amsterdam, v.327, n.1, p.9-16, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775708003750>>. Acesso em: 12 dez. 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2010 – Características da população e dos domicílios – Resultados do universo*. Rio de Janeiro, 2011. 270 p.
- MATOS, A.T.; CABANELLAS, C.F.G.; CECON, P.R.; BRASIL, M.S.; MUDADO, C.S. Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.2, p.544-551, maio/ago. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162007000300025](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000300025)>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S. Influence of parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. *Environmental Technology*, London, v.7, n.10, p.1103-1112, 1996.
- PATERNIANI, J.E.S.; RIBEIRO, T.A.P.; MANTOVANI, M.C.; SANT'ANNA, M.R. Water treatment by sedimentation and slow fabric filtration using *Moringa oleifera* seeds. *African Journal of Agricultural Research*, v.5, n.11, p.1256-1263, 2010.
- POUMAYE, N.; MABINGUI, J.; LUTGEN, P.; BIGAN, M. Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M'Poko River to Bangui, Central African Republic. *Chemical Engineering Research and Design*, Elmsford, v.90, p.2346-2352, 2012.
- PRITCHARD, M.; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A.S.; O'NEILL, J.G. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *Physics and Chemistry of the Earth*, Oxford, v.35, n. 13-14, p.791-797, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147470651000149X>>. Acesso em: 18 set 2011.
- SÁNCHEZ-MARTÍN J.; GONZÁLEZ-VELASCO M.; BELTRÁN-HEREDIA, J. Acacia mearnsii de wild tannin-based flocculant in surface water treatment. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, Beijing, v.29, n.2, p. 119-135. 2009. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02773810902796146>>. Acesso em: 10 jan 2012.
- SILVA, F.J.A.; MATOS, J.E.X. Sobre dispersões de *Moringa oleifera* para tratamento de água. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, v.29, p.157-163, 2008.
- TANAC. *Catálogo – TANFLOC SG*. 2011. Disponível em: <[http://www.tanac.com.br/PT/upload/produtos/CT\\_TANFLOC\\_SG\\_PT.pdf](http://www.tanac.com.br/PT/upload/produtos/CT_TANFLOC_SG_PT.pdf)>. Acesso em: 30 nov 2011.
- VIEIRA, A. M. S.; VIEIRA, M. F.; SILVA, G. F.; ARAÚJO, A. A.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; VEIT, M. T.; BERGAMASCO, R. Use of *Moringa oleifera* seed as natural adsorbent for wastewater treatment. *Water Air Soil Pollution*, Dordrecht, v. 206, p. 273-281, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11270-009-0104-y>>. Acesso em: 21 nov. 2013.