

# Influência do tempo de mistura lenta no uso combinado de polímeros naturais para o tratamento de água

## RESUMO

**Gigliolla Caroline Biason Pinguelo**

[gibiason@gmail.com](mailto:gibiason@gmail.com)

Departamento Acadêmico de Ambiental,  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

**Laís Gimenes Vernasqui**

[laisvernasqui@gmail.com](mailto:laisvernasqui@gmail.com)

Departamento Acadêmico de Ambiental,  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

**Bruna Caroline Lima**

[lima.brunac@gmail.com](mailto:lima.brunac@gmail.com)

Departamento Acadêmico de Ambiental,  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

**Guilherme Gobbi Teixeira**

[guilhermegob@gmail.com](mailto:guilhermegob@gmail.com)

Departamento Acadêmico de Ambiental,  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

**Heloise Beatriz Quesada**

[heloise\\_bq@hotmail.com](mailto:heloise_bq@hotmail.com)

Departamento Acadêmico de Ambiental,  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

**Flávia Vieira Silva Medeiros**

[flaviamedeiros@utfpr.edu.br](mailto:flaviamedeiros@utfpr.edu.br)

Departamento Acadêmico de Ambiental,  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

O tratamento de água mais tradicionalmente utilizado emprega sais de alumínio como coagulantes primários. Contudo, vários estudos apontam que estes coagulantes químicos podem trazer riscos à saúde, como o Mal de Alzheimer. Sendo assim, a utilização de polímeros naturais se apresenta como uma alternativa promissora para substituir os coagulantes químicos. Neste trabalho, o tempo de mistura lenta foi avaliado na aplicação do polímero natural de *Moringa oleifera* Lam. como coagulante primário, em conjunto com o polímero natural do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) como auxiliar de floculação. Os resultados obtidos indicaram que esta combinação alcança, respectivamente, 52% e 60,9% de remoção para cor e turbidez, no tempo de mistura lenta ou etapa de floculação de 10 minutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Moringa Oleifera* Lam., *Abelmoschus esculentus* L. Moench, Coagulação, Floculação.

## INTRODUÇÃO

O tratamento de água a ser empregado é frequentemente determinado pelas características físicas da água, como cor e turbidez (DI BERNARDO & DANTAS, 2005). O método, quando realizado para satisfazer o consumo humano, pode variar em função de critérios estéticos, econômicos e higiênicos, assegurando a segurança e satisfação do consumidor. Por exemplo, água bruta que apresente teores elevados de turbidez exige processos de tratamento que incluem a coagulação-floculação seguida de sedimentação (RICHTER, 2009).

Sempre que possível, o projeto das unidades de coagulação-floculação deve ser realizado com base em resultados obtidos no teste de jarros (*Jar Test*), utilizado para determinar as dosagens ótimas dos reagentes e o pH ótimo de floculação, sobretudo no que diz respeito aos tempos de agitação. Depois de determinadas as condições ótimas de mistura rápida, o tempo de mistura lenta (TML) pode ser otimizado no *Jar Test*, de forma a encontrar o tempo em que a turbidez remanescente seja mínima, o que geralmente ocorre em TML de 15 a 20 minutos (DI BERNARDO & PAZ, 2008).

Contudo, nem sempre valores de TML mais altos podem melhorar a eficiência da etapa de floculação. Libânio (1995) e Voltan (2007) relataram que a eficiência da floculação pode enfraquecer com o aumento do TML, pois as dimensões dos flocos tendem a diminuir depois de atingir o tamanho máximo, o que retarda o processo de decantação.

Os sais de alumínio são os mais utilizados na coagulação-floculação aplicada no tratamento de água devido a seus baixos custos e também por possuírem eficiência comprovada. Contudo, estudos anteriores apontam que a presença desse metal na água de abastecimento pode estar relacionada com doenças como Alzheimer e Parkinson, além de deficiências cognitivas, demência, entre outras (KAWAHARA & KATO-NEGISHI, 2011; KOO & KAPLAN, 1988; LETTERMAN & DRISCOLL, 1988; MILLER et al., 1984).

Para a redução da dosagem do coagulante químico, faz-se necessária a combinação de coagulantes e auxiliares naturais de floculação, que promovem menor geração de lodo seco e outros benefícios como aumento da biodegradabilidade e baixa toxicidade, que facilitam o tratamento e disposição final (MORAES, 2004; STUMM & MORGAN, 1996). Além disso, de acordo com Abreu Lima (2007), verifica-se a ampliação da eficiência de sedimentação, flotação e filtração a partir da utilização de polímeros naturais, tornando os flocos mais resistentes a força de cisalhamento e contribuindo para o aumento da velocidade de sedimentação.

O polímero mais largamente estudado como coagulante primário é a *Moringa oleifera* Lam (Moringa). Os estudos com este coagulante iniciaram na Alemanha e Inglaterra e sua eficiência já foi comprovada anteriormente em diversos trabalhos (NDABIGENGESERE & NARASIAH, 1998; BORBA, 2001; PATERNIANI et al., 2009; ARANTES et al., 2015).

Dentre os polímeros naturais estudados como auxiliares de floculação é possível citar a malva (*Malva sylvestris*), quitosana, acácia negra (*Acacia mearnsii*) e duas espécies de quiabo, o *Hibiscus esculentus* e o *Abelmoschus esculentus* (LEE et al., 2015; ANASTAKIS et al., 2009; SÁNCHEZ-MARTÍN et al., 2010; RENAULT et al., 2009; DIVAKARAN & PILAI, 2002). O quiabo da espécie *Abelmoschus*

*esculentus* tem bom desempenho e maior possibilidade de utilização, pois o consumidor rejeita o fruto maduro, utilizável no tratamento de água (ABREU LIMA, 2007).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo determinar o tempo de mistura lenta ótimo para o processo de coagulação/floculação realizado pelo extrato aquoso de *Moringa oleifera* Lam. como coagulante primário e pelo extrato aquoso de *Albemoschus esculentus* L. Moench como auxiliar de floculação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A água bruta foi coletada junto à bacia do Rio do Campo, que abastece o Município de Campo Mourão/Paraná, no ponto de captação da Estação de Tratamento de Água (ETA) da Sanepar (Companhia de Saneamento do Estado do Paraná).

## PREPARO DAS SOLUÇÕES

A solução do alcalinizante hidróxido de cálcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , foi preparada em concentração de 1% (m/v).

O extrato aquoso de moringa utilizado como coagulante primário foi preparado a partir da mistura de 1g da semente sem casca e triturada em 100 mL de água destilada. A casca da moringa foi retirada, pressionando as sementes manualmente em tampo de granito, de forma a separá-la da casca. As sementes, já sem a casca, foram misturadas com água destilada, trituradas em liquidificador e em seguida a mistura resultante foi filtrada. O liquidificador utilizado foi da marca Britânia, modelo Eletronic Filter de 1,5 litros. Para filtração, foi utilizada membrana de fibra de vidro comum de poro 0,9  $\mu\text{m}$ .

O quiabo utilizado nos ensaios foi adquirido em mercado local, e seco em estufa a 65°C por três dias. O extrato aquoso de quiabo utilizado como auxiliar de floculação foi preparado a partir de 1g do quiabo já seco e triturado, diluído em 100 mL de água destilada. Para os ensaios de coagulação-floculação, esta solução foi diluída novamente, 0,1 mL em 100 mL, assim obtendo uma solução 0,1%.

## CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA BRUTA E DA ÁGUA TRATADA

Para a caracterização da água bruta foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: cor, turbidez, pH e sólidos totais. Como parâmetro bacteriológico foi feita a contagem de coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados dessa caracterização e os equipamentos e metodologias utilizados para cada parâmetro, estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados físico-químicos e microbiológicos para água bruta.

Parâmetro	Resultado	Equipamentos/Metodologias
Cor (uC)	174	Colorímetro (modelo 22020, Digimed)
Turbidez (uT)	97	Turbidímetro (modelo AP2000 IR, PoliControl)
pH	6,7	pHmetro (modelo K39-1014B, Digimed)
Coliformes Totais (UFC/mL)	38	Contagem em placas Petrifilm® (3M)
E. coli (UFC/mL)	5	Contagem em placas Petrifilm® (3M)
Sólidos Totais (mg/L)	0,294	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

### ENSAIOS DE COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO

Os testes de jarros foram realizados no equipamento *Jar Test* (modelo 218/LDB, Nova Ética, Brasil) com reguladores de rotação das hastes misturadoras. Béqueres com volume de um litro como jarros foram utilizados. A avaliação do tratamento foi realizada com análises de cor e turbidez, nas faixas de 0 a 500 UC e 0 a 500 UT, respectivamente.

O coagulante primário foi utilizado na concentração de 50 ppm e o auxiliar de floculação na concentração de 0,3 ppm. O tempo de mistura rápida (TMR), referente à etapa de coagulação, e o tempo de sedimentação (TS) foram fixados em 2 e 15 minutos, respectivamente. O tempo de mistura lenta (TML), referente à etapa de floculação, foi avaliado no intervalo entre 10 e 40 minutos. A rotação da mistura rápida foi fixada em 120 rpm, e da mistura lenta em 60 rpm.

Após o tempo de sedimentação, foram feitas leituras em duplicata da água tratada para os parâmetros cor e turbidez.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos para a caracterização da água bruta foi possível perceber que a água bruta utilizada apresentou valores consideráveis de cor, turbidez e sólidos totais, o que indicou que um tratamento adequado deveria ser empregado para melhorar a qualidade dessa água antes da distribuição para fins potáveis. Também foram encontrados coliformes totais e *E. coli*, indicando que a água se encontrava contaminada por organismos patogênicos, e o uso de um agente floculante poderia melhorar o transporte de bactérias durante a etapa de sedimentação, devido ao aumento da qualidade dos flocos formados.

As Figuras 1 e 2 apresentaram, respectivamente, os resultados de cor e turbidez remanescentes para os ensaios variando o tempo de mistura lenta entre 10 e 40 minutos, utilizando as concentrações de 50 ppm de moringa e 0,3 ppm de

quiabo com gradiente de velocidade de 60 rpm. As condições de mistura rápida foram mantidas conforme descritas, 2 minutos e 120 rpm.

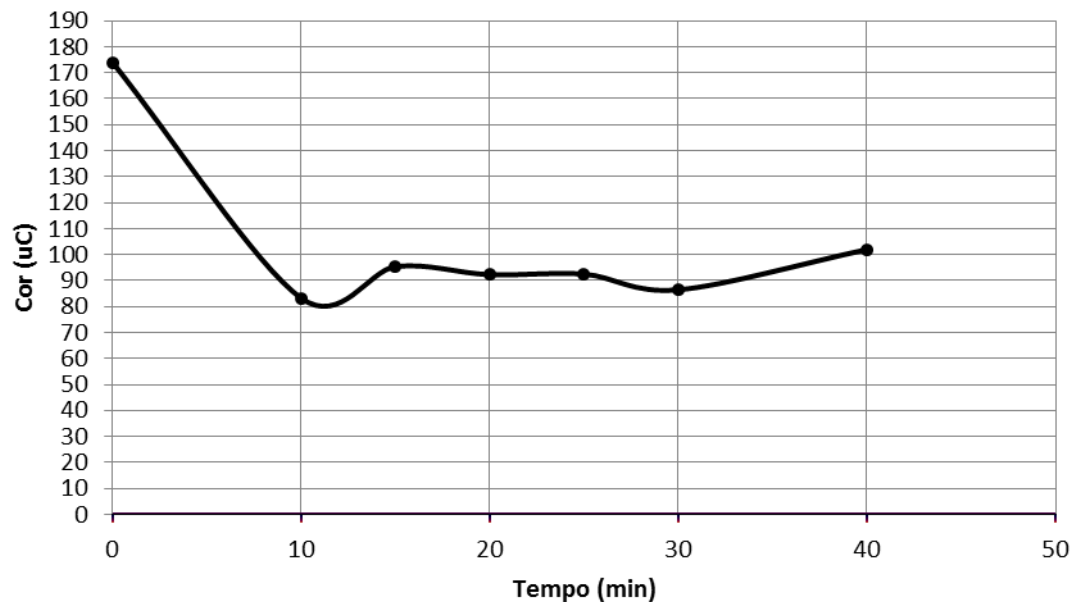


Figura 1 - Resultados de cor remanescente para o ensaio variando o tempo de mistura lenta.

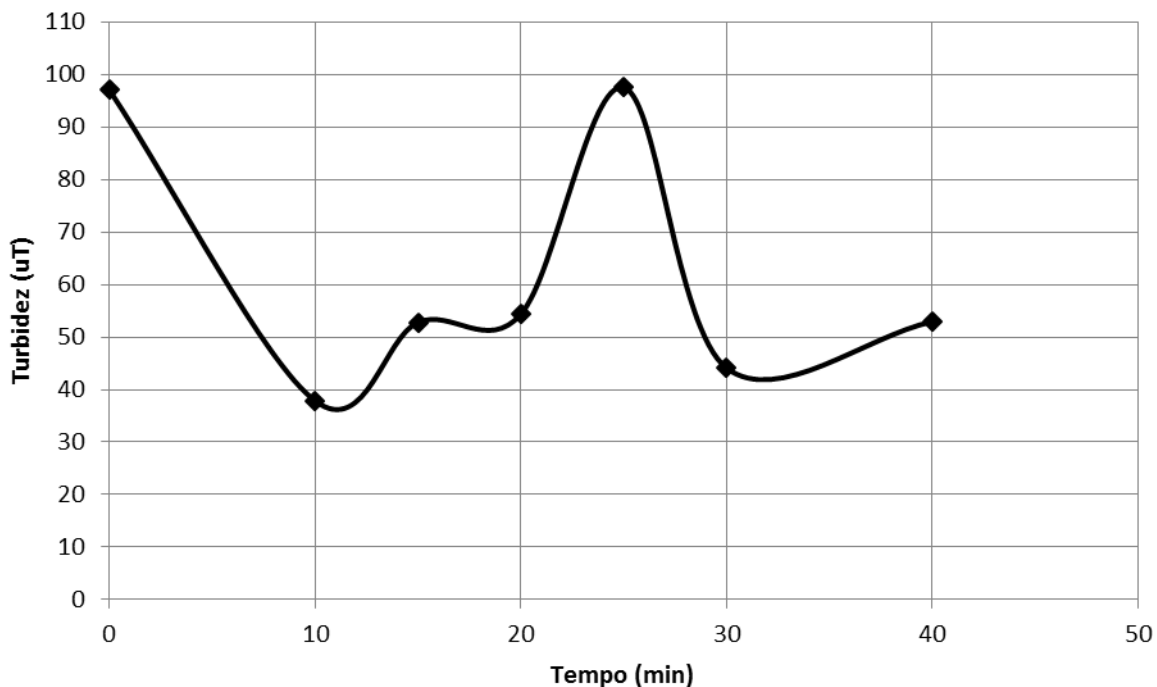


Figura 2 - Resultados de turbidez remanescente para o ensaio variando o tempo de mistura lenta.

Conforme pôde ser observado nas Figuras 1 e 2, a cor e a turbidez remanescentes atingiram valores mínimos nos TML de 10 e 30 minutos, sendo

83,3 uC e 37,9 uT para o TML de 10 minutos, e 86,5 uC e 44,1 uT para o TML de 30 minutos. Em relação à água bruta, demonstrada como TML zero nos gráficos, a porcentagem de remoção no TML de 10 minutos foi de 52% para cor, e de 61% para turbidez. Já no tempo de 30 minutos, as taxas de remoção foram de 50,3% e 54,6% para os parâmetros cor e turbidez, respectivamente.

Ainda foi possível observar um padrão dos resultados de cor e turbidez obtidos de acordo com os diferentes TML: os valores mais baixos encontrados em 10 minutos sofreram um aumento até o tempo de 25 minutos, voltaram a sofrer uma redução em 30 minutos, e aumentaram novamente no TML de 40 minutos. Percebeu-se que essa oscilação que acontece com o aumento da etapa de floculação foi mais expressiva para o parâmetro turbidez, o que pôde indicar maior sensibilidade dessa variável aos agentes naturais utilizados.

Sendo assim, verificou-se que a elevação no TML não apresentou aumento considerável na remoção de cor e turbidez, o que está de acordo com a literatura, pois o decréscimo na eficiência de floculação com o aumento do TML já havia sido verificada anteriormente nos trabalhos de Libânio (1995) e Voltan (2007).

Em relação à remoção de cor e turbidez, os valores obtidos estão de acordo com os dados de Arantes et al. (2015), que utilizaram coagulante a base de *Moringa oleifera* e observaram remoção em torno de 60 % para cor e 70 % para turbidez para a aplicação do coagulante na forma de pó.

Quanto à aplicação do quiabo como auxiliar de floculação, Abreu Lima (2007) avaliou sua associação com sulfato de alumínio e observou remoção de turbidez de até 92 % com TML de 15 min. Contudo, o uso de coagulantes a base de alumínio está claramente relacionado com riscos à saúde e geração de grande quantidade de lodo de baixa qualidade (STUMM & MORGAN, 1996; KAWAHARA & KATO-NEGISHI, 2011; KOO & KAPLAN, 1988).

## CONCLUSÃO

Neste trabalho, os valores ótimos de cor e turbidez remanescentes foram, respectivamente, 83,3 uC e 37,9 uT, obtidos com as concentrações de 50 ppm de moringa e 0,3 ppm de quiabo, tempo de mistura lenta de 10 minutos. Observou-se também que aumentar o TML não aumenta a eficiência de floculação nas condições avaliadas.

Além disso, o uso combinado de moringa como coagulante primário e quiabo como auxiliar de floculação é uma boa alternativa para melhorar o tratamento e a qualidade da água para abastecimento, reduzindo o uso de coagulantes químicos, e desta forma contribuindo com a diminuição dos riscos que estes produtos apresentam à saúde da população e com a qualidade e quantidade do lodo gerado.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pelo apoio financeiro e pela concessão de bolsas. E também à Companhia de Saneamento do Paraná- SANEPAR – Campo Mourão por ter cordialmente disponibilizado a água bruta para a realização dos ensaios.

## Influence of slow mixing time in the use of natural polymer combination for water treatment

### ABSTRACT

The most traditional water treatment employs aluminum salts as primary coagulants. However, several studies point out that these chemical coagulants can bring health risks, such as Alzheimer's disease. Thus, the use of natural polymers comes as a promising alternative for replacing chemical coagulants. This study evaluated the slow mixture time in the application of *Moringa oleifera* Lam. as a primary coagulant, combined with the natural polymer of okra (*Abelmoschus esculentus* Moench) as a flocculation aid. The results indicated that this combination reaches 52% and 60.9 % for removing color and turbidity, respectively, with slow mixing time or flocculation step of 10 minutes.

**KEYWORDS:** *Moringa Oleifera* Lam., *Abelmoschus esculentus*, Coagulation, Flocculation



---

## REFERÊNCIAS

**Floculação e Filtração em Tratamento de Água e Esgoto.** 115f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20 ed. Washington (DC): American Public Health Association, 2005.

ANASTAKIS, K.; KALDERIS, D.; DIAMADOPOULOS, E. Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater. **Desalination**, v. 249, n. 2, p. 786 - 791, 2009.

ARANTES, C. C.; PATERNIANI, J. E. S.; RODRIGUES, D. S.; HATORI, P. S.; PIRES, M. S. G.. Diferentes formas de aplicação da semente de Moringa oleifera no tratamento de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 19, p. 266-272, 2015.

BORBA, L. **Viabilidade do Uso da Moringa Oleífera Lam no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades.** 96f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água.** São Carlos: RiMa, 2005. 2 ed. V1

DI BERNARDO & SABOGAL PAZ. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água.** São Carlos: LDiBe, 2008. V1.

DIVAKARAN, R.; PILLAI, S. Flocculation of river silt using chitosan. **Water Research**, v. 36, n. 9, p. 2414–2418, 2002.

KAWAHARA, M.; KATO-NEGIHI, M. Link between Aluminum and the Pathogenesis of Alzheimer's Disease: The Integration of the Aluminum and Amyloid Cascade Hypotheses. **International Journal of Alzheimer's Disease**, v. 2011, n. 2011, 2011.

KOO, W. W.; KAPLAN, L. A. Aluminum and bone disorders: with specific reference to aluminum contamination of infant nutrients. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 199 - 214, 1988.

LEE, C. S.; CHONG, M. F.; ROBINSON, J.; BINNER, E. Optimisation of extraction and sludge dewatering efficiencies of bio-flocculants extracted from *Abelmoschus esculentus* (okra). **Journal of Environmental Management**, v. 157, n. 1, p.320-325, 2015.

LETTERMAN, R. D.; DRISCOLL, C. T. Survey of residual aluminum in <sup>®</sup>ltered water. **Journal American Water Works Association**, v. 80, n. 4 p. 154 - 158, 1988.

LIBÂNIO, M. **Avaliação da floculação em reatores estáticos e de escoamento contínuo com gradientes de velocidade constante e variável**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1995.

MILLER, R. G.; KOPER, F. C.; KELTY, K.C.; STOBBER, J.A.; ULMER, N. S. The occurrence of aluminum in drinking water. **Journal American Water Works Association**, v. 76, n. 1, p. 84 - 91, 1984.

MORAES, L. C. K. **Estudo da Coagulação-Ultrafiltração com o Biopolímero Quitosana para a Produção de Água Potável**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S. Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. **Water Research**, v.32, n.3, p.781-791, 1998.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Uso de sementes de Moringa oleifera para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 13, p.765-771, 2009.

RENAULT, F.; SANCEY, B.; BADOT, P. M.; CRINI, G. Chitosan for coagulation/flocculation processes - An eco-friendly approach. **European Polymer Journal**, v. 45, n.5, p. 1332-1348, 2009.

RICHTER, C. A. **Água: Métodos e tecnologias de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; BELTRÁN-HEREDIA, J.; SOLERA-HERNANDEZ, C. Surface water and wastewater treatment using a new tannin-based coagulant. Pilot plant trials. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n.10, p. 2051–2058, 2010.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters**. John Wiley & Sons: Nova Iorque, 1996. 3 ed.

VOLTAN, P.E.N. **Avaliação da ruptura e do recrescimento de flocos na eficiência de sedimentação em água com turbidez elevada**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

**Recebido:** 31 mai. 2016.

**Aprovado:** 09 set. 2016.

**DOI:** 10.3895/rebrapa.v8n3.3986

**Como citar:**

PINGUELO, G. C. B. et al. Influência do tempo de mistura lenta no uso combinado de polímeros naturais para o tratamento de água. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n. 3, p. 1-11, jul./set. 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

**Correspondência:**

Flávia Vieira Silva Medeiros

Departamento Acadêmico de Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

