

Influência do tempo de mistura lenta no uso de quiabo como floculante aplicado associado ao policloreto de alumínio

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar a influência do tempo de mistura lenta (TML) na aplicação do polímero natural quiabo como floculante no tratamento de águas para abastecimento. Para isso, foram realizados ensaios variando o TML de 10 a 40 minutos. As concentrações do coagulante químico, do quiabo e do alcalinizante foram fixadas em 10, 0,3 e 5 ppm, respectivamente. Os melhores resultados de cor e turbidez foram obtidos para os TML de 15 e 40 min, que devido à semelhança dos resultados, indicam que o aumento do TML não apresentou melhora significativa na água tratada. Ainda é possível perceber também que a associação do quiabo com o policloreto de alumínio (PAC) apresentou resultados melhores se comparados aos encontrados na utilização do quiabo combinado com o sulfato de alumínio, conforme encontrado na literatura, indicando a eficiência desse floculante também com o PAC.

PALAVRAS-CHAVE: Quiabo; Floculação; Mistura lenta.

Bruna Caroline Limalima.brunac@gmail.com

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

Gigliolla Caroline BIASON Pinguologibiason@gmail.com

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

Lais Gimenes Vernasquilaisvernasqui@gmail.com

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

Guilherme Gobbi Teixeiraguilhermegob@gmail.com

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

Flávia Vieira Silva Medeirosflaviamedeiros@utfpr.edu.br

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

INTRODUÇÃO

Os processos usados para o tratamento da água destinada ao abastecimento público podem variar em função de critérios estéticos, econômicos e higiênicos. A água bruta que apresenta teores elevados de cor e turbidez exige processos convencionais de tratamento que incluem a coagulação química e floculação (RICHTER E AZEVEDO NETTO, 1991).

O processo de coagulação/floculação tem por finalidade a remoção de substâncias coloidais, ou seja, material sólido em suspensão, responsáveis pela cor e turbidez da água. Essa operação normalmente é considerada como um pré-tratamento para o condicionamento da água para o tratamento subsequente, que na maioria das vezes é a sedimentação (VAZ, 2009).

Sempre que possível, o projeto das unidades de coagulação-floculação deve ser realizado com base em resultados obtidos em equipamentos *Jar Test*, 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 em equipamento *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 E 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 diminuir com o aumento do TML, pois as dimensões dos flocos tendem a diminuir depois de atingir o tamanho máximo.

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. Entretanto, estudos anteriores apontam que a presença deste metal na água de abastecimento pode estar relacionada com doenças como Alzheimer e Parkinson, além de deficiências cognitivas e demência (MILLER ET AL., 1984; LETTERMAN E DRISCOLL, 1988; KOO E KAPLAN, 1988; AWWA, 1990; KAWAHARA E KATO-NEGISHI, 2011).

A combinação entre coagulantes e polímeros floculantes ocorre desde a década de 50 e está associada à tentativas de redução da dosagem do coagulante químico. Os polímeros utilizados como floculantes podem naturais ou sintéticos. Contudo, o uso de polímeros sintéticos apresenta uma série de inconvenientes, entre os quais podemos destacar a geração de grandes volumes de um lodo químico de difícil degradação, além de poderem representar riscos à saúde dos consumidores (ABREU LIMA, 2007; VAZ, 2009).

Diante disso, as pesquisas que avaliam o emprego de polímeros naturais como floculantes tem se intensificado. Os floculantes naturais apresentam diversas vantagens em relação aos floculantes químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodo residual (CARVALHO, 2008).

Dentre os polímeros naturais estudados como floculantes é possível citar a malva (*Malva sylvestris* L.), quitosana, acácia negra (*Acacia mearnsi* De Wild.) e quiabo (*Albemoschus esculentus* (L.) Moench) (DIVAKARAN E PILAI, 2002; RENAULT et al., 2009; SÁNCHEZ-MARTÍN et al., 2010; ANASTAKIS et al., 2014; LEE et al., 2015).

O quiabo da espécie *Abelmoschus esculentus*, tem bom desempenho e maior possibilidade de utilização, já que seu fruto maduro é rejeitado pelo consumidor, e este pode ser utilizado no tratamento de água. (AGARWAL, 2001 E 2003; ABREU LIMA, 2007).

Considerando o exposto, este trabalho teve como objetivo verificar a influência do tempo de mistura lenta na aplicação do polímero natural *Abelmoschus esculentus* como floculante no tratamento de água para abastecimento.

METODOLOGIA

A água bruta utilizada foi coletada no rio do Campo, localizado na cidade de Campo Mourão – PR e para sua caracterização, os seguintes parâmetros físico-químicos foram analisados: cor, turbidez, sólidos, pH, alcalinidade, acidez, nutrientes (nitrogênio e fósforo), de acordo com a metodologia indicada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Como parâmetro microbiológico foi realizada a quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli*, por meio de contagem em placas Petrifilm®.

Para realização dos ensaios, foram necessárias soluções do alcalinizante ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) do coagulante químico policloreto de alumínio (PAC) e do auxiliar de floculação (*Abelmoschus esculentus*). As soluções padrão de PAC e $\text{Ca}(\text{OH})_2$ foram preparadas a 1% (v/v) a partir da diluição de suas soluções concentradas, enquanto a solução do auxiliar de floculação foi preparada a partir da diluição de 0,1g do fruto previamente seco e triturado em 100 mL de água destilada.

Os ensaios de coagulação-floculação foram realizados em equipamento de *Jar Test* modelo 218/LDB 06 da marca Nova Ética, com regulador de rotação das hastes misturadoras, e béqueres de 1000 mL foram utilizados como jarros.

A concentração de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ foi fixada em 5,0 ppm, e o alcalinizante era adicionado às amostras assim que o equipamento era ligado. A concentração de PAC utilizada nos ensaios de coagulação/floculação foi de 10 ppm em cada jarro e o coagulante era adicionado às amostras passado um minuto da adição do alcalinizante, a fim de permitir a mistura do alcalinizante. A adição do coagulante marca o início da etapa de coagulação ou de mistura rápida. O auxiliar de floculação *Abelmoschus esculentus* foi utilizado na concentração de 0,3 ppm e era adicionado às amostras quatro minutos após o início da etapa de floculação ou etapa de mistura lenta.

O tempo de mistura rápida (TMR) foi fixado em 2 minutos, enquanto o tempo de mistura lenta (TML) variou entre 10 e 40 minutos, com intervalos de 5 minutos. As velocidades foram fixadas em 120 e 60 rpm para os tempos de mistura rápida e lenta, respectivamente.

Após os processos de coagulação e floculação, o *Jar Test* era desligado, e as amostras mantidas em repouso por 10 minutos, para que ocorresse a sedimentação do material floculado. Após esse período, foram coletadas amostras

da água tratada para análise dos parâmetros de cor e turbidez, a fim de verificar a eficiência do processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização da água bruta são apresentados na Tabela 1. E os resultados de cor e turbidez remanescentes obtidos variando TML estão apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água bruta utilizada nos ensaios.

Parâmetro	Resultado
Cor (uC)	174
Turbidez (uT)	97
Sólidos Totais (ppm)	0,045
Sólidos Totais Fixos (ppm)	0,025
Sólidos Totais Voláteis (ppm)	0,020
pH	6,69
Acidez Total (ppm CaCO ₃)	15
Alcalinidade Total (ppm CaCO ₃)	5
Fósforo	0
Nitrato	0,5
Nitrito	0,018
Coliformes Totais	38
<i>Escherichia coli</i>	5

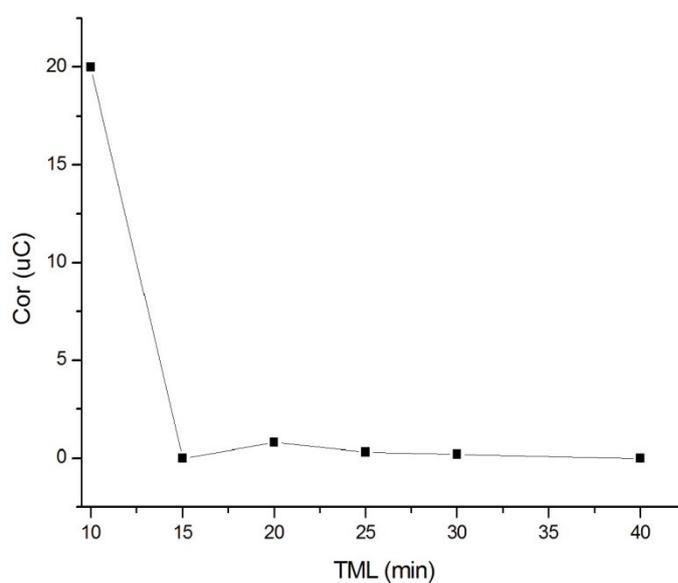


Figura 1. Resultados de cor remanescente obtidos durante o ensaio de coagulação-floculação.

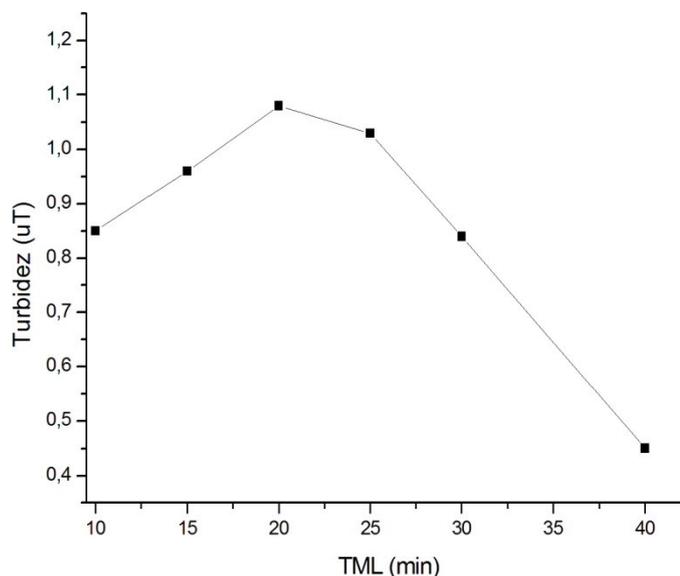


Figura 2. Resultados de turbidez remanescente obtidos durante o ensaio de coagulação-floculação.

Considerando os resultados de caracterização da água bruta, é possível perceber que os valores de cor e turbidez obtidos para a água bruta foram consideráveis, indicando a necessidade de um tratamento adequado para melhoria da qualidade da água. Além disso, houve presença de sólidos totais, fixos e voláteis, o que pode indicar a necessidade de aplicação de altas concentrações de coagulantes (LAVONEN *ET AL.* 2015; RITSON *ET AL.* 2014). Desta forma, a utilização de *Abelmoschus esculentus* como floculante pode auxiliar na redução dos níveis do coagulante.

Além disso, foram encontradas bactérias do grupo Coliforme, totais e *E. coli*, na água bruta coletada, fazendo com o emprego de auxiliar de floculação também seja vantajoso já que sua utilização melhora desempenho da etapa de coagulação, que segundo Abreu Lima (2007), é uma etapa que exerce efeito importante à saúde, devido à adsorção, transporte e liberação de vírus, bactérias e substâncias inorgânicas e orgânicas tóxicas.

Realizando os ensaios de variação da mistura lenta, conforme pode ser observado na Figura 1, percebe-se que a cor remanescente atinge os valores mais baixos (0,0 uC) com TML de 15 e 40 minutos, ou seja, é possível dizer que nestes TML foram observados 100% de remoção de cor. Desta forma, observa-se que o aumento no TML não influenciou a eficiência da floculação, já que a remoção máxima foi observada tanto com 15, quanto com 40 minutos de mistura lenta.

De acordo com a Figura 2, o menor valor de turbidez remanescente, 0,45 uT, foi observado com TML de 40 minutos, que representa 99,5% de remoção de turbidez de água bruta utilizada. Contudo, verifica-se que a turbidez remanescente no TML de 15 minutos foi de 0,96 uT, o que representa uma porcentagem de remoção de 99%, ou seja, o aumento no TML de 15 para 40 minutos não apresenta aumento considerável na porcentagem de remoção de turbidez.

Os resultados obtidos de cor e turbidez remanescentes estão de acordo com a literatura, indicando que o aumento no TML não representa aumento considerável na remoção de cor e turbidez. Conforme reportado anteriormente, o aumento do TML pode, inclusive, provocar o decréscimo na eficiência de floculação (LIBÂNIO, 1995; VOLTAN, 2007).

Quanto à aplicação de *Abelmoschus esculentus* como floculante associado a coagulantes químicos, Abreu Lima (2007) avaliou associação com sulfato de alumínio e atingiu valores de remoção de turbidez de até 92% com TML de 15 min. Neste trabalho, a associação do PAC com o quiabo com este mesmo tempo de floculação atingiu remoção de 99%, o que indica que o PAC associado com o quiabo produz água tratada de melhor qualidade que a associação com o sulfato de alumínio. Além disso, o emprego do sulfato de alumínio está claramente relacionado com riscos à saúde e geração de grande quantidade de lodo de baixa qualidade, conforme descrito anteriormente (STUMM E MORGAN, 1996; KOO E KAPLAN, 1988; KAWAHARA E KATO-NEGIHI, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi observado neste trabalho, o aumento do tempo de mistura lenta não aumentou consideravelmente o desempenho da floculação, sendo 15 minutos suficientes para atingir 100% de remoção de cor e 99% de remoção de turbidez.

Além disso, o uso de *Abelmoschus esculentus* nas condições experimentais avaliadas apresentou 99% de remoção de turbidez associado ao PAC, enquanto que na literatura havia sido observada remoção de 92% em condições semelhantes quando combinado com o sulfato de alumínio como coagulante.

O uso desse floculante se mostrou uma boa alternativa para reduzir o uso do coagulante químico no processo de tratamento e assim melhorar a qualidade da água para abastecimento humano, sendo uma opção biodegradável e de baixa toxicidade.

A utilização dos polímeros naturais em tratamento de água deve ser cada vez mais estudada e empregada nas estações de tratamento de água, uma vez que estes produtos naturais, devido à sua biodegradabilidade, baixa toxicidade, facilidade de obtenção e baixo custo.

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 mixture time in the use of okra as flocculant associated to aluminum polychloride

ABSTRACT

The aim of this work was to investigate the influence of slow mixture time in the application of okra natural polymer as flocculant in potable water treatment. For this purpose, assays were performed, ranging the slow mixture time from 10 to 40 minutes. The concentration of the chemical coagulant, okra and alkalizing were fixed at 10, 0.3 and 5 ppm, respectively. The best results were found to slow mixture time of 15 and 40 minutes, which, due to the similarity of results, indicated that the increase in slow mixture time do not represent considerable improvement in treated water. It is also possible to realize that the association okra with aluminium polychloride (PAC) showed better results when compared to those found for okra combined with aluminum sulphate, as related in literature, indicating the efficiency of the flocculant also together with PAC.

KEYWORDS: Okra; Flocculation; Slow mix.

REFERÊNCIAS

ABREU LIMA, G. J. **Uso de Polímero Natural do Quiabo como Auxiliar de Flocculação e Filtração em Tratamento de Água e Esgoto**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

AGARWAL, M.; RAJANI, S.; MISHRA, A.; RAI, J. Utilization of Okra Gum for Treatment of Tannery Effluent. **International Journal Of Polymeric Materials**, v. 52, n. 11-12, p.1049-1057, 2003.

American Water Works Association (AWWA), 1990. **Water quality and treatment: a hand book of community water supplies**. McGraw Hill Publishing Company, 4th edition, New York.

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.

American Public Health Association WWA – APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. Washington, 2005.

CARVALHO, Maria José Herkenhoff. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável**. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado)- Curso de em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

DI BERNARDO & SABOGAL PAZ. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água**. Volume 1. São Carlos, SP. LDiBe, p. 130 – 159, 2008.

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

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**, 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, 1998.

LAVONEN, E.E., KOTHAWALA, D.N., TRANVIK, L.J., GONSIOR, M., SCHMITT-KOPPLIN, P., KÖHLER, S.J. Tracking changes in the optical properties and molecular

composition of dissolved organic matter during drinking water production. **Water Research**, v. 85, p. 286-294, 2015.

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, p. 320-325, 2015.

LETTERMAN, R. D.; DRISCOLL, C. T. Survey of residual aluminum in filtered water. **Journal American Water Works Association**, v. 80, p. 154 – 158, 1988.

LIBÂNIO, M. **Avaliação da floculação em reatores estáticos e de escoamento contínuo com gradientes de velocidade constante e variável**. 136 f. Dissertação (Doutorado)- Universidade de São Paulo, 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, p. 84 – 91, 1984.

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

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Tratamento de água: Tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1991.

RITSON, J.P., GRAHAM, N.J.D., TEMPLETON, M.R., CLARK, J.M., GOUGH, R. , FREEMAN, C. The impact of climate change on the treatability of dissolved organic matter (DOM) in upland water supplies: A UK perspective. **Science of the Total Environment**, v. 473 – 474, p. 714–730, 2014.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; BELTRÁN-HEREDIA, J.; SOLERA-HERNÁNDEZ, 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**. 3ed. 1022p. New York, John Wiley & Sons. 1996.

VAZ, L. G. L. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento do efluente líquido gerado na galvanoplastia**. 83 p. Dissertação (Mestrado)- Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009.

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

Recebido: 31 mai. 2016.

Aprovado: 09 set. 2016.

DOI: 10.3895/rebrapa.v8n4.4014

Como citar:

LIMA, B. C. et al. Influência do tempo de mistura lenta no uso de quiabo como floculante aplicado associado ao policloreto de alumínio. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n. 4, p. 13-22, out./dez. 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.

