

Remoção de cor e turbidez de água destinada ao abastecimento público com goma xantana associada ao policloreto de alumínio

Color and turbidity removal of water destined for public supply with xanthan gum associated with aluminum polychloride

Laís Gimenes Vernasqui¹, Heloíse Beatriz Quesada¹, Patrícia Valderrama¹, Nelson Consolin Filho², Flávia Vieira da Silva Medeiros¹

¹Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
87301-899 Campo Mourão – PR, Brasil

²Departamento de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 87301-899 Campo
Mourão – PR, Brasil

Resumo

Água potável é definida como aquela que atende aos padrões de potabilidade, sendo necessários para isso tratamentos de coagulação/floculação. O sulfato de alumínio, coagulante mais utilizado no Brasil, apresenta efeitos negativos à saúde humana, justificando a necessidade do estudo de polímeros. No estudo realizaram-se ensaios utilizando goma xantana como floculante associada ao coagulante químico PAC visando observar o efeito das variações das concentrações de ambos na remoção de cor e turbidez de água. Nos ensaios foi observado que a cor e a turbidez sofreram redução quando as concentrações de PAC e goma xantana passam, individualmente, do menor volume testado para o maior. Porém, quando analisados em conjunto, houve uma diminuição da cor e aumento da turbidez. Pode-se concluir que o uso combinado de PAC e goma xantana nas concentrações de 10 e 0,9 ppm, respectivamente, é mais vantajoso. Com essa análise, foram obtidas equações que permitem o cálculo de cor e turbidez a partir de valores de concentração de PAC e goma xantana, determinando assim as melhores condições de aplicação.

Palavras-chave: água potável, goma xantana, policloreto de alumínio.

Abstract

Drinking water is defined as that which meets drinking standards, requiring coagulation / flocculation treatments. Aluminum sulfate, the most used coagulant in Brazil, has negative effects on human health, justifying the need for the study of polymers. In the study, tests were carried out using xanthan gum as a flocculant associated with the chemical coagulant PAC in order to observe the effect of variations in the concentrations of both in the removal of color and water turbidity. In the tests it was observed that the color and the turbidity were reduced when the concentrations of PAC and xanthan gum go, individually, from the smallest volume tested to the largest. However, when analyzed together, there was a decrease in color and an increase in turbidity. It can be concluded that the combined use of PAC and xanthan gum at concentrations of 10 and 0.9 ppm, respectively, is more advantageous. With this analysis, equations were obtained that allow the calculation of color and turbidity from PAC and xanthan gum concentration values, thus determining the best application conditions.

Keywords: drinking water, xanthan gum, aluminum polychloride.

Introdução

A Portaria número 2.914 de 12 de dezembro de 2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, e define como água potável àquela que atender ao padrão de potabilidade estabelecido por esta. Dessa maneira, águas brutas que apresentam valores elevados de cor e turbidez devem ser submetidas a tratamentos convencionais, que incluem as etapas de coagulação e floculação [1].

A coagulação e a floculação, apesar de serem termos utilizados muitas vezes como sinônimos são etapas diferentes: enquanto a coagulação promove a desestabilização das partículas coloidais a partir da alteração físico-química das partículas coloidais contidas na água, a floculação abrange as colisões e o agreamento dessas partículas [2].

O coagulante mais amplamente utilizado no Brasil é o sulfato de alumínio, que apresenta alguns efeitos negativos, como reduzir o pH da água e aumentar o volume de lodo, além de não ser biodegradável [3, 4]. Ainda, estudos têm mostrado que a presença do alumínio na água para consumo tem relação com doenças como Alzheimer, Parkinson e outras doenças cognitivas [5, 6, 7, 8, 9].

O policloreto de alumínio (PAC) praticamente não interfere no pH da água, apresenta maior remoção de turbidez com menores dosagens além de reduzir o volume de lodo e de alumínio residual. Essa diminuição de alumínio residual reduz as implicações do metal na saúde, e dessa forma estudos e preocupações sobre as consequências desse metal no lodo e na água tratada são quase inexistentes [10].

Ainda nesse contexto, polímeros naturais ou sintéticos podem ser utilizados em conjunto com sais de alumínio a fim de reduzir suas dosagens e gerar flocos com melhor sedimentação [11, 12]. Entretanto, enquanto polímeros sintéticos podem ser contaminados gerando monômeros nocivos à saúde, polímeros naturais têm menores custos e muitos deles fazem parte da dieta humana [13, 14, 15, 16, 17, 18].

Os polímeros naturais mais utilizados são amidos e derivados, como amido de batata, mandioca e milho [17, 18]. Além disso, pesquisas têm sido realizadas com sucesso com malva (*Malva sylvestris*), quitosana, tanino e quiabo (*Albemoschus esculentus*) [3, 11, 19, 20].

A goma xantana é um polissacarídeo obtido naturalmente pela fermentação da bactéria *Xanthomonas campestris*, e é muito utilizado na indústria farmacêutica e alimentícia como estabilizante, espessante e emulsificante. Além disso, pesquisas realizadas por Tomazzoni (2009) [21], mostram que a goma xantana é uma alternativa para melhorar a água decantada, havendo redução significativa da turbidez remanescente em comparação com os ensaios utilizados sem a goma xantana.

Nesse estudo realizaram-se ensaios utilizando a goma xantana como floculante associada ao coagulante químico PAC a fim de observar o efeito das variações das concentrações dessas duas variáveis na remoção de cor e turbidez de água destinada ao abastecimento público.

Materiais e Métodos

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão e a água utilizada nos ensaios foi coletada junto à captação da Companhia de Saneamento do Norte do Paraná (SANEPAR).

As soluções padrão do coagulante PAC (policloreto de alumínio) e do alcalinizante geocal® foram preparadas com concentração de 1% v/v. A solução de goma xantana foi preparada em concentração de 0,1% m/v e utilizada em todos os ensaios com a temperatura de preparo fixa em 65°C.

Os ensaios de coagulação e floculação foram realizados em equipamento de *Jar Test* modelo 218/LDB 06 de seis provas da Marca Nova Ética, utilizando béqueres de 1000 ml como jarros. Para a

determinação da melhor combinação entre o coagulante químico PAC e o auxiliar de floculação goma xantana, foram realizados ensaios combinando níveis altos e baixos tanto do PAC quanto da goma xantana, obedecendo a um planejamento fatorial 2^2 (Tabela 1). Assim foi possível posterior cálculo dos efeitos dos fatores variados nos parâmetros cor e turbidez.

O volume de alcalinizante utilizado nos ensaios foi fixado em 5 mL, enquanto o volume do coagulante PAC e do auxiliar de floculação goma xantana, variaram em cada ensaio de acordo com o planejamento fatorial. Os tempos de mistura rápida e lenta foram fixos em 1 e 10 minutos, respectivamente.

Após os processos de coagulação e floculação o *Jar Test* era desligado e as amostras eram deixadas em repouso por um período de 10 minutos para que ocorresse a sedimentação do material floculado. Passado esse período, eram medidos os parâmetros cor e turbidez de cada jarro.

Tabela 1 – Planejamento fatorial utilizado nos ensaios de coagulação-floculação

Ensaio	PAC (mL)	Goma (mL)
1	2	0,1
2	10	0,1
3	2	0,9
4	10	0,9

Resultados e Discussão

A partir dos resultados de cor e turbidez obtidos nos ensaios realizados foi possível calcular os efeitos dos fatores variados para cor (Tabela 2) e turbidez (Tabela 3). Nas tabelas, é possível perceber como a variação na concentração do coagulante químico (H), e do auxiliar de floculação (A), interferem nos parâmetros cor e turbidez, além de visualizar o efeito que ambas variáveis analisadas geram nesses parâmetros (HA).

Ainda, nas Tabelas tem-se o valor do desvio padrão para os efeitos principais de interação e o valor do desvio para média global, respectivamente 8,29 e 4,14 para cor e 0,37 e 0,75 para turbidez. Para decidir se o efeito deve ou não ser interpretado, o valor distribuição t de Student para 4 ensaios (2,776), foi multiplicado pelos valores do desvio padrão. Como os resultados dessa multiplicação foram maiores que os valores do desvio, tanto para cor, como para turbidez, conclui-se que todos os efeitos foram significativos.

Tabela 2 – Efeitos calculados para cor no planejamento fatorial 2^2

Média global	31,25 ± 4,14
Efeitos principais	
H	- 22,50 ± 8,29
A	- 2,50 ± 8,29
Efeito de interação	
HA	- 7,50 ± 8,29

Tabela 3 – Efeitos calculados para turbidez no planejamento fatorial 2^2

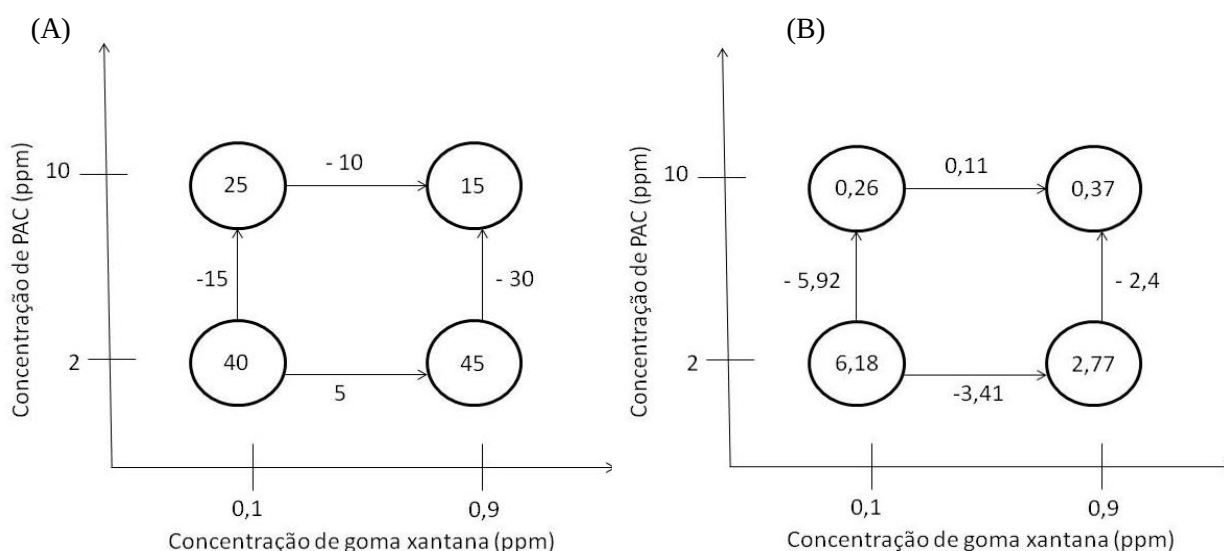
Média global	2,39 ± 0,37
Efeitos principais	
H	- 4,16 ± 0,75
A	- 1,65 ± 0,75
Efeito de interação	
HA	1,76 ± 0,75

A partir do exposto nas tabelas, verificou-se que a cor remanescente e a turbidez sofrem redução quando ambas variáveis analisadas (PAC e goma xantana) passam, individualmente, do menor volume testado, para o maior.

O aumento na concentração de PAC provoca uma diminuição média da cor de 22,5 uC e diminuição média de turbidez de 4,16uT. Por vez, quando a goma xantana passa da menor para a maior concentração testada, a redução média dos parâmetros cor e turbidez é, respectivamente, de 2,5uC e 4,10 uT.

Ainda, nota-se que existe uma redução da cor quando PAC e goma xantana são avaliados em conjunto, e um aumento da turbidez. Em média, a redução da cor é de 7,5 uC, e o aumento de turbidez é de 1,76 uT, e acontecem quando as duas variáveis passam das menores concentrações testadas (ensaio 1) para as maiores (ensaio 4), e quando essas concentrações variam de 2 mg/L de PAC e 0,9 mg/L de goma xantana (ensaio 3) para 10 mg/L de PAC e 0,1 mg/L de goma xantana.

Para facilitar a interpretação dos efeitos principais de forma conjunta, foram feitos diagramas (Figura 1), no qual, os valores encontrados nos vértices são os valores médios de cor (A) e turbidez (B) obtidos em cada ensaio.

Figura 1– Diagrama para interpretação do planejamento fatorial 2^2 para a cor (A) e turbidez (B)

Analisando o diagrama, é possível perceber que a redução de cor e turbidez é mais significativa quando o coagulante químico passa de 2 para 10 ppm. Entretanto, quando essa passagem acontece com a concentração de goma xantana na concentração máxima, 0,9 ppm, verifica-se que essa diminuição é mais expressiva para o parâmetro cor, evidenciando a influência do auxiliar de floculação nesse parâmetro. Para

turbidez, entretanto, quando a passagem do PAC de 2 para 10 ppm acontece, nota-se um pequeno aumento de 0,11 uT, mostrando que, provavelmente, o auxiliar utilizado causa um aumento nesse parâmetro.

Todavia, a diminuição da cor proporcionada pela adição da goma xantana, é muito mais expressiva se comparada ao aumento mostrado pela turbidez, possibilitando concluir que, nas condições adotadas nesse estudo, o uso combinado de PAC e goma xantana nas concentrações de 10 e 0,9 ppm, respectivamente, é mais vantajoso.

Ainda, é possível escrever um modelo estatístico através dos fatores calculados, a partir de um valor de concentração de PAC (x_1) e de goma xantana (x_2) é possível estimar o valor de cor (Equação 1) ou turbidez (Equação 2) (y) e avaliar se essa nova condição de concentração promoverá resultados de cor e/ou turbidez menos intensas.

$$y = 31,25 - 22,50x_1 - 2,50x_2 - 7,50x_1x_2 + 6,25 \quad (1)$$

$$y = 2,39 - 4,61x_1 - 1,65x_2 + 1,76x_1x_2 + 0,63 \quad (2)$$

Considerações Finais

A partir dos resultados obtidos nos ensaios guiados pelo planejamento, foi possível concluir que ambas variáveis analisadas, ou seja, concentração de PAC e goma xantana, mostraram-se estatisticamente significantes no processo.

Para a cor, o melhor resultado foi obtido com PAC e goma xantana em suas concentrações máximas, 10 e 0,9 ppm. A redução desse parâmetro quando o coagulante permaneceu fixo na maior concentração e a concentração do auxiliar de floculação passou de 0,1 para 0,9 ppm, evidenciou a influência que a goma xantana tem para redução desse parâmetro. Para a turbidez, a combinação que resultou em menores valores, foi obtida com 10 ppm do coagulante químico e 0,1 ppm de goma xantana, e a passagem do auxiliar de floculação de 0,1 para 0,9 ppm causou um pequeno aumento na cor (0,11 uC).

Entretanto, observa-se que o aumento no parâmetro turbidez resultante do aumento da concentração de goma xantana de 0,1 para 0,9 ppm, foi muito pequeno (0,11 uT) se comparado com a redução de 10 uC que esse aumento de nível proporcionou para a cor. Dessa forma, conclui-se que a combinação que obteve melhores resultados, de acordo com a metodologia utilizada, foi com as duas concentrações, de PAC e de goma xantana, nas maiores concentrações, correspondentes a 10 e 0,9 ppm respectivamente.

Ainda, a partir da análise feita, foi possível a obtenção de equações que permitem o cálculo de cor e turbidez a partir de valores de concentração de PAC e goma xantana, o que permite facilitar o processo de determinação de melhores condições de aplicação.

Referências

- [1] RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. de. *Tratamento de água: Tecnologia atualizada*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1991.
- [2] RICHTER, Carlos A., AZEVEDO NETTO, José M. de., *Água, métodos e tecnologia de tratamento*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2011.
- [3] RENAUT, F.; SANCEY, B.; BADOT, P.M.; CRINI, G. Chitosan for coagulation/flocculation processes, An eco-friendly approach. *Eur. Polym. J.*, v.45, p. 1332-1348, 2009.
- [4] ZHAO, Y. Q.; BACHE, D. H. Integrated effects of applied pressure, time, and polymer doses on alum sludge dewatering behavior. *Waste Manage.*, v. 22, p. 813-819, 2002.

- [5] KAWAHARA, M.; KATO-NEGIHI, M. Link between Aluminum and the Pathogenesis of Alzheimer's Disease: The Integration of the Aluminum and Amyloid Cascade Hypotheses. *Int. J. Alzheimer's Dis.*, 2011.
- [6] American Water Works Association (AWWA). *Water quality and treatment: a hand book of community water supplies*. New York: McGraw Hill Publishing Company, 1990.
- [7] KOO, W.W.; KAPLAN, L.A. Aluminum and bone disorders: with specific reference to aluminum contamination of infant nutrients. *J. Am. Coll. Nutrition*, v.7, p. 199-214, 1988.
- [8] LETTERMAN, R.D.; DRISCOLL, C.T. Survey of residual aluminum in filtered water. *J. Am. Water Works Ass.*, v. 80, p. 154-158, 1988.
- [9] MILLER, R.G.; KOPER, F.C.; KELTY, K.C.; STOBBER, J.A.; ULMER, N.S. The occurrence of aluminum in drinking water. *J. Am. Water Works Ass.*, 76, p. 84 – 91, 1984,
- [10] VAN BENSCHOTEN, J.E.; EDZWALD, J.K. Chemical aspects of coagulation using aluminum salts i. hydrolytic reactions of alum and polyaluminum chloride. *Water Res.*, v. 24, p. 1519-1526, 1990.
- [11] 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). *J. Environ. Manage.*, 2015.
- [12] RAZALI, M.A.A.; AHMAD, Z.; AHMAD, M.S.B.; ARIFFIN, A.. Treatment of pulp and paper mill wastewater with various molecular weight of poly DADMAC induced flocculation. *Chem. Eng. J.*, v.166, p.529-535, 2011.
- [13] SUOPAJÄRVI, T.; LIIMATAINEN, H.; HORMI, O.; NIINIMÄKI, J. Coagulation–flocculation treatment of municipal wastewater based on anionized nanocelluloses, *Chem. Eng. J.* v. 231, p. 59-67, 2013
- [14] WU, C.; WANG, Y.; GAO, B.; ZHAO, Y.; YUE, Q. Coagulation performance and floc characteristics of aluminum sulfate using sodium alginate as coagulant aid for synthetic dyeing wastewater treatment. *Sep. Purif. Technol.*, v. 95, p. 180-187, 2012.
- [15] AHMAD, A.L.; WONG, S.S.; TENG, T.T.; ZUHAIIRI, A. Improvement of alum and PACl coagulation by polyacrylamides (PAMs) for the treatment of pulp and paper mill wastewater. *Chem. Eng. J.*, v. 137, p. 510-517, 2008.
- [16] BOLTO, B.; GREGORY, J. Organic polyelectrolytes in water treatment. *Water Res.*, v. 41, p. 2301-2324, 2007.
- [17] TRIPATHY, T.; DE, B.R. Flocculation: A New Way to Treat the Waste Water. *Int. J. Phys. Sci.*, v. 10, p. 93-127, 2006.
- [18] DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. São Carlos: RiMa, 2005.
- [19] ANASTAKIS, K.; KALDERIS, D.; DIAMADOPOULOS, E.. Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater. *Desalination*, p.786 – 791, 2009.
- [20] DIVAKARAN, R.; PILLAI, S. Flocculation of river silt using chitosan. *Water Res.*, v. 36, p. 2414-2418, 2002.
- [21] TOMAZZONI, G. Goma Xantana como Auxiliar de Flocculação no Tratamento de Águas para Abastecimento. In: Semana de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão, 2009, Irati-PR. *Anais.*, 2009.