

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE POLÍMERO NATURAL EXTRAÍDO DO CACTO MANDACARU (*Cereus jamacaru*) COMO AUXILIAR NOS PROCESSOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Ricardo Fiori Zara¹, Maria Helena Thomazini² e Guilherme Felipe Lenz³

Resumo: Apesar da reconhecida eficácia de coagulantes químicos no tratamento de água, há desvantagens associadas ao uso desses produtos, como a sua ineficácia em baixa temperatura, custos de aquisição relativamente altos, produção de grande volume de lodo, ação significativa sobre o pH da água tratada e efeitos prejudiciais sobre a saúde humana. O polímero natural extraído do cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru*) foi estudado para ser utilizado como auxiliar do sulfato de alumínio nos processos de coagulação e floculação através de ensaios realizados em Jar-Test. Os extratos do cacto foram preparados com água destilada e com soluções de ácido clorídrico $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, de hidróxido de sódio $0,01$ e $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e de cloreto de sódio 1%. A remoção de turbidez utilizando os polímeros associado ao sulfato de alumínio foi superior a obtida somente com o sal. A formação de flocos maiores e volumosos refletiu no aumento da velocidade de decantação. Os polímeros não causaram uma variação considerável na alcalinidade e pH final da água remanescente dos ensaios. Assim, os polímeros do cacto Mandacaru se mostraram eficientes como auxiliares de coagulação/floculação, sendo uma alternativa para o tratamento de água, principalmente na região semiárida brasileira, onde é abundante.

Palavras-chave: Extrato de cacto. Remoção de turbidez. Auxiliar de coagulação.

1 Introdução

A água é o componente inorgânico mais abundante na matéria viva da superfície da Terra, na qual ocupa 75% do volume. Deste montante, 97% representam os oceanos, mares e lagos salgados. Da parcela de água doce remanescente, 72% encontram-se em manancial subterrâneo, 27% formam as geleiras e o restante é dividido entre a atmosfera (5,5%), cursos d'água (0,5%), umidade do solo (33%), reservatórios (2%) e lagos (59%) (LIBÂNIO, 2008).

Embora essencial para a vida, a água pode conter substâncias, elementos químicos e micro-organismos que devem ser reduzidos em concentração ou eliminados para que não sejam nocivos à saúde humana. Em países em desenvolvimento, diversas doenças provêm da má qualidade da água de consumo. No Brasil, estima-se que 60% dos problemas de saúde estejam relacionados com saneamento básico ineficiente, refletindo sobre a qualidade de vida da população (DI BERNARDO; DI

BERNARDO; CENTURIONE FILHO, 2002).

Para o fornecimento de água de qualidade à população e suas atividades cotidianas, existe o tratamento de água. Este consiste numa série de operações unitárias, dentre as quais se destaca a coagulação, um processo que envolve a aplicação de produtos químicos que possibilitem a remoção de compostos em solução e a desestabilização de suspensões coloidais e sólidos que não podem ser removidos por sedimentação ou filtração. Intimamente ligada à coagulação está a floculação, durante a qual as partículas desestabilizadas pelo coagulante metálico aglutinam-se e formam flocos passíveis de decantação (RICHTER, 2009).

Segundo Libânio (2008), para ser empregado no tratamento de água, o coagulante metálico necessita, em solução aquosa, passar por um processo chamado hidrólise, no qual os seus cátions formam fortes ligações com o oxigênio, podendo se coordenar com até seis moléculas de água, liberando íons H^+ e reduzindo o pH do meio. Desta maneira, forma-se um precipitado das

¹ E-mail: ricardozara@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Toledo, Rua Cristo Rei, 19, CEP 85902-409.

² E-mail: mhelenathomazini@hotmail.com

³ E-mail: guilherme_flenz@hotmail.com

formas hidrolisadas do metal. Com o processo de mistura rápida, as espécies hidrolisadas entram em contato com as impurezas em suspensão, desestabilizando-as. Com a posterior colisão destas partículas ocorre a floculação.

O sulfato de alumínio é um coagulante químico com grande disponibilidade, sendo o mais empregado em estações de tratamento de água brasileiras, e apresenta baixo custo. Ao ser adicionado a água, quase instantaneamente e de modo complexo, ocorrem reações de polimerização e hidrólise, que se combinam e formam espécies polinucleares de alumínio, como $Al_6(OH)_{15}^{3+}$, $Al_7(OH)_{17}^{4+}$, e sucessivamente até $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$. Essas espécies são responsáveis por promover a desestabilização dos coloides (LIBÂNIO, 2008; RICHTER, 2009).

Apesar de reconhecida a eficácia de coagulantes químicos utilizados no tratamento de água, há desvantagens associadas com o uso desses produtos, como a ineficácia em baixa temperatura da água, os custos de aquisição relativamente altos, a produção de grande volume de lodo, ação significativa sobre o pH da água tratada e efeitos prejudiciais sobre a saúde humana, como indícios do alumínio estar ligado ao desenvolvimento do Mal de *Alzheimer* (YIN, 2010).

Polímeros sintéticos são utilizados como coagulantes primários ou auxiliares de coagulação a mais de 30 anos, devido ao fato de melhorar a eficiência da floculação e a desidratação do lodo gerado. Quando empregados na coagulação, os polímeros atuam permitindo a formação de pontes químicas, através de ligações de hidrogênio ou forças de *van der Waals*, quando as partículas coloidais são adsorvidas na cadeia do composto, que deve ser longa, a fim de evitar o efeito repulsivo da dupla camada e permitir a adsorção em sua superfície. Porém, uma dose excessiva de polímero evitará a formação destas ligações devido à ausência de sítios ionizáveis disponíveis (LIBÂNIO, 2008; RICHTER, 2009).

O uso de polímeros como auxiliares de coagulação e floculação oferece vantagens, como o acréscimo de tamanho, densidade e resistência da matéria floculada, o que pode elevar a velocidade de decantação dos flocos e aumentar a resistência destes ao efeito de cisalhamento, causado por forças hidrodinâmicas do escoamento através dos interstícios do meio filtrante, aumentando, assim, a vida útil dos

filtros. Os polímeros também diminuem o volume de lodo formado e melhoram as condições de desidratação do mesmo (RICHTER, 2009; LIBÂNIO, 2008).

Além disso, permitem aumentar a produção de água tratada e a redução da dimensão de unidades de floculação e decantação em uma Estação de Tratamento de Água (ETA); conter a dosagem de coagulantes metálicos empregados no tratamento de água e seus respectivos inconvenientes, como a redução de gastos com alcalinizante para a correção do pH final da água, uma vez que menores dosagens de coagulante metálico minimizam quedas de pH de coagulação (RICHTER, 2009; LIBÂNIO, 2008).

No Brasil, além da demanda de água de qualidade, a escassez de recursos financeiros para os sistemas de saneamento básico tem estimulado pesquisas que aperfeiçoem os processos de coagulação e floculação, assim como o emprego de polímeros no tratamento de água (RICHTER, 2009).

Os polímeros, quando obtidos de fontes naturais, são produtivos, altamente biodegradáveis e suscetíveis de fornecer água tratada sem alteração de pH. Tendo em vista o esgotamento dos recursos naturais da Terra e a degradação ambiental, se a planta da qual é extraído o coagulante é de região extrativista ou de comunidade rural, pode-se tornar uma iniciativa de desenvolvimento sustentável (RICHTER, 2009; YIN, 2010).

A aplicação de espécies de cactos para tratamento de água é bastante recente em comparação com outros coagulantes naturais, tais como *nirmali* e a *Moringa oleifera* (YIN, 2010). De acordo com Zhang et al. (2006), cactáceos têm recebido grande atenção nos últimos anos devido à sua composição química e estrutural, de componentes nutritivos e médicos, como proteínas, amilose, ácido málico, resina, vitaminas e celulose. Os gêneros de cactos mais estudados para tratamento de água são *Opuntia*, devido às suas propriedades medicinais e fonte de alimento, e *Latifaria*, que também tem sido utilizado com sucesso como coagulante natural (YIN, 2010).

O cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru De Candolle*) é uma planta típica do Brasil que pode atingir 10 metros de altura, como ilustrado na Figura 1a, possui tronco lenhoso que pode chegar a 60 cm de diâmetro, muitas hastes eretas, destacados na Figura 1b, formando topo compacto. É abundante na região nordeste do Brasil, mas

pode ser encontrado até Santa Catarina. Na região semiárida do Brasil, em anos de seca, são queimados os espinhos para que as hastes de Mandacaru sejam utilizadas como

alimento para o gado pela capacidade de armazenar grande quantidade de água (DAVET, 2005).

Figura 1 – (a) Cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru* D.C.), (b) Detalhe do caule.



(a)

Fonte: Garrido (2007).



(b)

O uso medicinal do cacto Mandacaru é pouco difundido, mas popularmente se atribui às raízes e ao caule ação diurética e benéfica aos males do coração, doenças respiratórias e renais. Toda a planta é usada no combate ao escorbuto e nas afecções do aparelho respiratório (bronquites, tosse, catarro). Dentre as substâncias químicas identificadas no Mandacaru está a tiramina, conhecida por sua atividade simpatomimética e provável responsável pela atividade cardiotônica (DAVET et al., 2009).

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo o estudo da eficiência do polímero natural, de baixo custo, extraído do cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru*), na remoção de turbidez como auxiliar de coagulação e floculação no tratamento de água, bem como de sua ação sobre as características físico-químicas da água clarificada: pH e alcalinidade total.

2 Metodologia

2.1 Extração do polímero do cacto mandacaru

O cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru*) foi coletado no município de

Toledo, região oeste do estado do Paraná. Os ensaios foram realizados nos laboratórios de Química e Processos Químicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Toledo. Todos os reagentes utilizados possuíam pureza analítica.

Para a extração do polímero do cacto Mandacaru foram adotadas duas etapas: (i) preparação - limpeza e retirada dos espinhos, corte e maceração no graal com pistilo; (ii) extração - as soluções de extração foram água destilada e soluções de cloreto de sódio 1%, ácido clorídrico 0,10 mol L⁻¹ e hidróxido de sódio 0,10 e 0,01 mol L⁻¹. Utilizou-se a relação de 1 g de cacto preparado para 2,5 mL da solução de extração. A mistura foi homogeneizada em agitador magnético marca Nova Ética, modelo 114, durante 40 minutos, sendo posteriormente filtrada com peneiras de plástico. O complexo viscoso resultante foi acondicionado em frasco âmbar, e armazenado sobre refrigeração à 5°C até a realização dos ensaios no equipamento Jar-Test.

2.2 Ensaio de coagulação/floculação

Os ensaios de coagulação e floculação foram realizados em reator

estático *Jar-test*, marca Nova Ética, modelo 218-8 LDB, com seis jarros. A água bruta utilizada foi proveniente do rio Toledo, município de Toledo, Paraná, coletada no dia da realização do teste no ponto de captação de água para tratamento da Sanepar (Companhia de Saneamento do Paraná), unidade Toledo. A água foi coletada em uma época com precipitações dentro da normalidade para os padrões anuais, mantendo condições de turbidez constantes durante o período.

A água bruta e clarificada nos ensaios foi caracterizada, medindo-se a turbidez com aparelho turbidímetro marca Nova Orgânica, modelo TB 1000, e pH com equipamento pHmetro marca Policontrol, modelo 250. A alcalinidade total foi determinada pelo método titulométrico baseado no 20th *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; 1999).

Nos ensaios de coagulação/floculação, utilizou-se 1,5 litros de água bruta, adicionada nos jarros do equipamento de modo a garantir a homogeneidade da amostra.

Inicialmente foi determinada a dosagem de coagulante metálico sulfato de alumínio 1% que apresentasse a melhor remoção de turbidez. Para tal, foram adicionados volumes variados de 0,5 mL (3,3 mg L⁻¹), 1,0 mL (6,7 mg L⁻¹), 1,5 mL (10,0 mg L⁻¹), 2,0 mL (13,3 mg L⁻¹), 2,5 mL (16,7 mg L⁻¹) e 3,0 mL (20,0 mg L⁻¹), e uma quantidade de hidróxido de cálcio 1% a fim de adequar a alcalinidade da água bruta ao requerido pelo

sal de alumínio.

Para a mistura rápida, empregou-se rotação de 150 rpm, durante tempo de 2 minutos, após a dispersão do coagulante metálico. Posteriormente a mistura rápida prosseguiu-se à floculação, quando a rotação foi reduzida para 30 rpm, durante 15 minutos. Na decantação, empregou-se tempo de 15 minutos, com a rotação desligada.

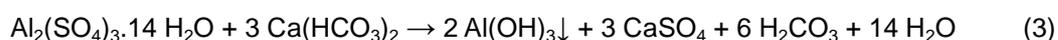
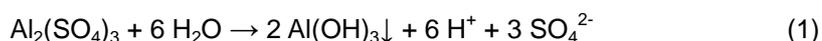
Com a dosagem ideal do sulfato de alumínio pré-estabelecida, procedeu-se ao teste de eficiência do polímero de cacto Mandacaru como auxiliar de coagulação/floculação. Foi adicionado 1 mL de extrato de cacto, após 30 segundos da aplicação do coagulante metálico.

Para a mistura rápida, floculação e decantação do ensaio dos polímeros empregaram-se os mesmos parâmetros do ensaio com os coagulantes metálicos.

3 Resultados e discussão

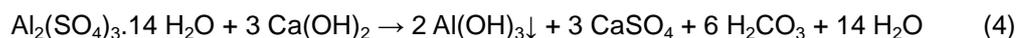
A água bruta utilizada nos testes apresentou pH inicial de 6,2 e alcalinidade total de 15,0 mg L⁻¹ em CaCO₃. Segundo Richter (2009), o sulfato de alumínio, adicionado à água, sofre a reação de hidrólise descrita na equação 1, que dura entre 5 a 7 segundos. Assim, libera íons H⁺ ao meio, reduzindo o pH.

Quando em alcalinidade natural suficiente, ocorrem as reações das equações 2 e 3.



Devido ao baixo valor de alcalinidade da água bruta, foi necessária a adição do alcalinizante hidróxido de cálcio, para

fornecer ânions hidróxido à reação de hidrólise, como observado na reação da equação 4.



Os valores contidos na Tabela 1, derivados do proposto por Richter (2009), indicam que cada mg L⁻¹ de Al₂(SO₄)₃ adicionado a água consome 0,45 mg L⁻¹ de alcalinidade do meio. Por isso, foi adicionada solução de hidróxido de cálcio 1% como

agente alcalinizante em quantidade proporcional a requerida para as reações de hidrólise de sulfato de alumínio. As dosagens de alcalinizante consideraram que para cada mg L⁻¹ de cal hidratada, adiciona-se 1,35 mg L⁻¹ de alcalinidade a água.

Tabela 1 – Adição de alcalinizante aos ensaios, de acordo com a necessidade do coagulante metálico.

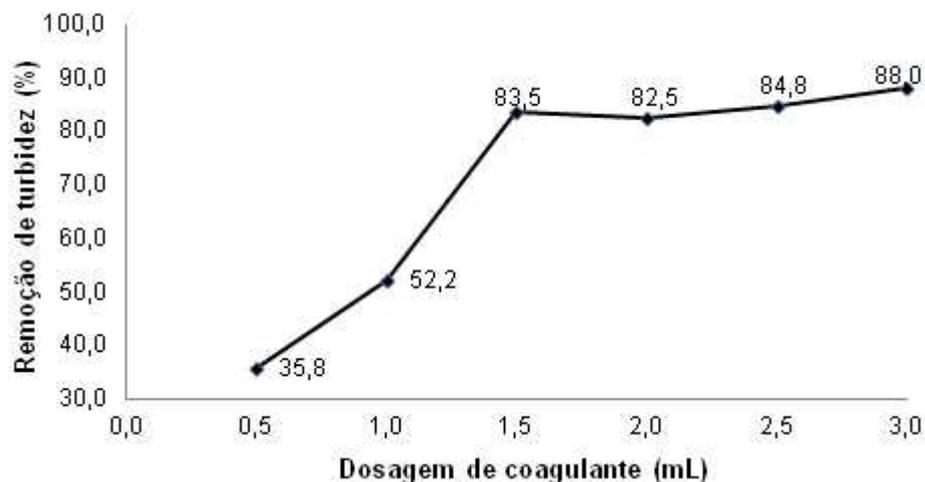
Dosagem de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (mL)	Equivalente $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (mg L^{-1})	Alcalinidade consumida pelo alcalinizante (mg L^{-1})	Volume de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adicionado (mL)
0,5	3,3	1,5	0,2
1,0	6,7	3,0	0,4
1,5	10,0	4,5	0,7
2,0	13,3	6,0	0,9
2,5	16,7	7,5	1,1
3,0	20,0	9,0	1,3

A Figura 2 mostra a porcentagem de remoção de turbidez, no ensaio de coagulação/floculação, conforme a dosagem de sulfato de alumínio adicionado. A turbidez da água bruta utilizada no teste foi 17,9 UNT.

A maior eficiência de remoção de turbidez foi observada para a dosagem de

3,0 mL ($20,0 \text{ mg L}^{-1}$) de sulfato de alumínio e 1,3 mL ($8,9 \text{ mg L}^{-1}$) de hidróxido de cálcio, obtendo remoção de 88,0% da turbidez inicial. Tais dosagens foram utilizadas no ensaio dos polímeros de cacto Mandacaru, como auxiliares de coagulação e floculação.

Figura 2 - Remoção de turbidez em função da dosagem de sulfato de alumínio.



A eficiência, em termos de remoção de turbidez de 20,3 UNT da água bruta, para os extratos de cacto Mandacaru, pode ser observada na Figura 3. Observa-se que o polímero de cacto em conjunto com os diferentes auxiliares de coagulação e floculação utilizados possibilitou o aumento da remoção de turbidez, acima do obtido pela aplicação do coagulante metálico sem os extratos.

A turbidez remanescente dos ensaios realizados com o uso do polímero extraído do cacto, com as soluções de HCl $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, HCl $0,10 \text{ mol L}^{-1}$, NaOH $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ e NaCl 1% foram respectivamente de 1,8 UNT, 2,4 UNT, 1,3 UNT e 1,9 UNT. O extrato preparado com água destilada não apresentou efeito satisfatório, resultando numa turbidez remanescente de 14,6 UNT. Acredita-se que as soluções de HCl, NaOH e NaCl, devido a força iônica, sejam mais eficientes na extração do polímero do que a

água destilada, justificando a baixa eficiência obtida pela aplicação do extrato aquoso no ensaio.

No processo de floculação, foi observada a formação e as características dos flocos gerados. Com o emprego do sulfato de alumínio, sem o uso dos polímeros, ocorre a formação de flocos pequenos, mas em grande número. Com o decorrer do tempo de mistura lenta, os flocos se agregam e ficam maiores. Com a adição dos polímeros de cacto, como auxiliares de coagulação/floculação, ao coagulante metálico, além de aumentar a remoção de turbidez da água bruta, pôde-se observar a formação, em menor número, de flocos grandes e filamentosos. Após decorrer o tempo de mistura lenta, também se formaram agregados maiores e mais densos. Na decantação, pôde-se verificar que o emprego dos polímeros de cacto tornou a sedimentação dos flocos mais rápida,

quando comparado ao caso de uso do sulfato de alumínio sem a adição dos auxiliares de coagulação e floculação.

As características físico-químicas da

água tratada após o experimento de coagulação/floculação com o sulfato de alumínio são apresentadas na Tabela 2.

Figura 3 - Eficiência dos polímeros de cacto em termos de remoção de turbidez da água bruta.

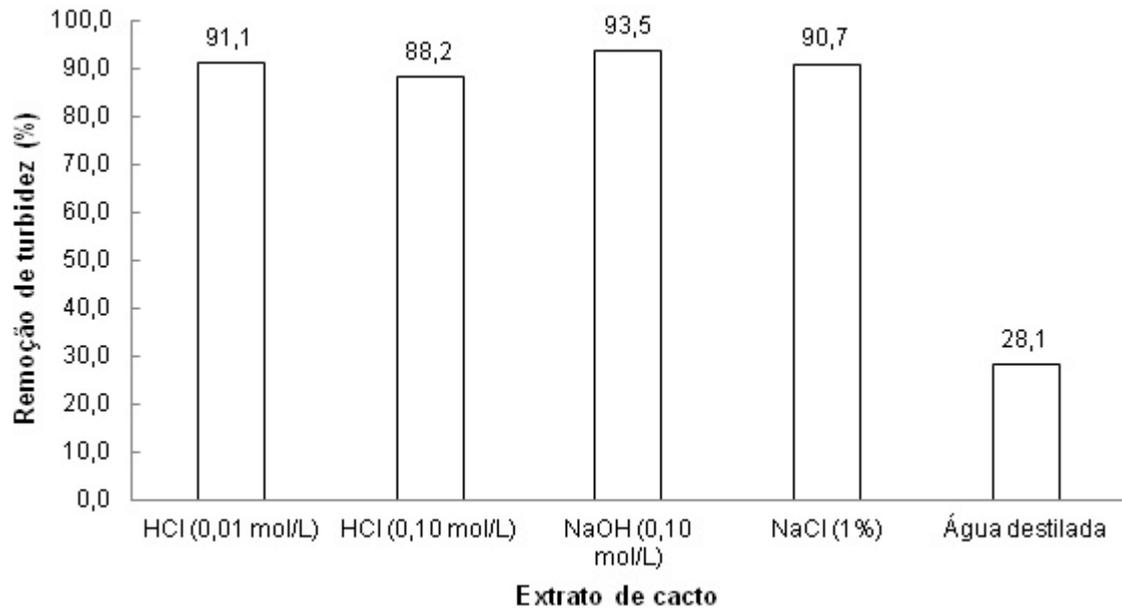


Tabela 2 – Características físico-químicas da água remanescente do ensaio com o coagulante metálico.

Dosagem de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (mL)	pH final	Alcalinidade total final ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$)
0,5	6,2	18,0
1,0	6,2	14,0
1,5	6,6	17,0
2,0	6,8	14,0
2,5	6,7	19,0
3,0	6,4	10,0

O pH e a alcalinidade total da água remanescente do ensaio com os polímeros são apresentados na Tabela 3. Os polímeros foram adicionados como auxiliares de coagulação/floculação segundo dosagem ideal pré estabelecida de sulfato de alumínio ($3,0 \text{ mL} - 20 \text{ mg L}^{-1}$) e hidróxido de cálcio

($1,3 \text{ mL} - 8,9 \text{ mg L}^{-1}$). Os resultados de pH obtidos com o uso dos polímeros de cacto e o pH resultante apenas pelo uso do coagulante metálico na sua dosagem ideal, não apresentaram variação significativa entre os processos.

Tabela 3 – Características físico-químicas da água remanescente dos ensaios com polímeros de cacto.

Extrato de cacto preparado com	pH final	Alcalinidade total final ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$)
HCl ($0,01 \text{ mol L}^{-1}$)	6,3	12,0
HCl ($0,10 \text{ mol L}^{-1}$)	6,2	15,0
NaOH ($0,10 \text{ mol L}^{-1}$)	6,5	15,0
NaCl (1%)	6,6	10,0
Água destilada	7,1	15,0

A adição do extrato de cacto preparado com HCl causou pequena redução de pH em relação ao valor

encontrado quando se adicionou apenas o sulfato de alumínio. Os extratos de NaOH e NaCl, por outro lado, aumentaram em

pequena escala o valor de pH do meio.

A alcalinidade total da água tratada resultante do experimento com adição dos polímeros também se manteve próxima daquela determinada na água tratada no ensaio contendo apenas o coagulante metálico na sua dosagem ideal, indicando pouca variação deste parâmetro com o uso dos extratos de cacto.

Os resultados obtidos enaltecem as características apresentadas por Richter (2009) a respeito do uso de polímeros no tratamento de água, sendo que, com exceção do polímero extraído com água destilada, todos os demais extratos possibilitaram uma remoção de turbidez acima do verificado para o caso do uso do sulfato de alumínio sem adição de auxiliares, tornando o processo de clarificação da água mais eficiente.

Pôde-se observar também que os polímeros formam flocos de maior tamanho do que os desenvolvidos pelo coagulante metálico e, conseqüentemente, a velocidade de decantação dos mesmos é superior, podendo aumentar a produção das estações de tratamento existentes sem ampliação do seu espaço físico.

Os polímeros, além de facilitarem a desidratação do lodo gerado na estação, possibilitam a redução da dosagem de sulfato de alumínio como agente coagulante, podendo assim diminuir o residual do elemento no lodo gerado na estação e possibilitar o reuso deste.

Pesquisas realizadas com polímeros naturais empregados como coagulantes primários ou auxiliares de coagulação e floculação também têm apresentado resultados satisfatórios. Cardoso et al. (2008) empregaram a *Moringa oleifera* como coagulante primário, e atingiram remoção de turbidez da água bruta em valores superiores a 80%.

Ozacar e Sengil (2003) estudaram a aplicação de polímero aniônico tanino, sendo que este, em conjunto com o sulfato de alumínio, apresentou maior remoção de turbidez do que o coagulante metálico sem o polímero. Desta maneira o tanino possibilitou a redução da dosagem de sulfato de alumínio aplicada no processo, além de favorecer a formação de flocos volumosos e de lodo com filtração facilitada. Já Sciban et al. (2009) utilizaram castanhas e carvalho para a clarificação da água turva de baixa turbidez, obtendo uma eficiência de 80% e 70% respectivamente.

Estudos realizados com aplicações

de cactáceos no tratamento de água também têm obtido bons resultados. Neste contexto, Diaz et al. (1999) utilizaram o cacto *latifaria* como coagulante primário para a remoção de turbidez de água sintética, obtendo resultados satisfatórios. Neste estudo, os autores fizeram um comparativo do uso da *moringa*, *prosopis juliflora* com o uso de sulfato de alumínio com o polímero de cacto, obtendo este os melhores efeitos.

Zhang et al. (2006), utilizando polímero extraído do cacto *opuntia* como coagulante primário, concluíram que a grande eficiência na remoção de turbidez, pode ser comparada a ação da *moringa*, como coagulante. Comparando-se o uso do coagulante metálico cloreto de alumínio com a mesma dosagem de polímero de cacto, os autores obtiveram resultados melhores de remoção de turbidez e carbono orgânico total com o polímero de cacto. Os autores sugerem, então, o cacto como substituto do cloreto de alumínio no processo de tratamento de água, e indicam o potencial de aplicação em grande escala, embora o seu desenvolvimento ainda se limite a escala laboratorial.

A Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) estabelece que a água de abastecimento público apresente, em qualquer ponto do sistema de distribuição, turbidez abaixo de 5 UNT. Nos ensaios realizados com os polímeros de cacto Mandacaru, obtiveram-se valores de turbidez final abaixo deste valor, em água não filtrada.

4 Conclusões

É possível inferir que os polímeros extraídos do cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru*) possuem aplicação viável como auxiliares de coagulação e floculação para o sulfato de alumínio, em ensaios realizados em *Jar-Test*, apresentando boa eficiência em termos de remoção de turbidez da água bruta, acima da obtida pelo coagulante metálico sem aplicação do polímero. Logo, a sua aplicação em escala maior em Estação de Tratamento de Água pode ser realizada com sucesso.

Em relação às características físico-químicas da água clarificada, pH e alcalinidade total, o uso dos polímeros não causou variação significativa quando comparado somente ao uso do coagulante metálico. Pequenas variações decorreram da solução utilizada na extração do polímero.

O uso dos polímeros naturais do cacto Mandacaru possibilitou a formação de flocos de tamanho maior do que aqueles que se formaram quando do uso do sulfato de alumínio, aumentando a velocidade de decantação da matéria floculada. Portanto, o tempo de floculação e decantação em uma estação de tratamento de água pode ser reduzido, tornando o processo mais rápido e a produção de água tratada maior.

O polímero desenvolvido a partir de uma fonte natural barata e abundante no

país pode apresentar maior valor agregado, tornando viável a sua produção e aplicação no tratamento de água, reduzindo o custo do produto fornecido ao consumidor.

O desenvolvimento deste produto pode gerar impactos socioeconômicos, como a geração de renda para o pequeno produtor e a alternativa de plantio na região semiárida brasileira, podendo se cultivar e colher o cacto Mandacaru de modo sustentável, minimizando a agressão ao meio ambiente.

5 Study of the efficiency of a natural polymer extracted from the Mandacaru cactus (*Cereus jamacaru*) as an adjuvant in the coagulation and flocculation process in water treatment

Abstract: Despite the recognized efficacy of chemicals coagulants for water treatment, there are disadvantages associated with the use of these products, as its ineffectiveness in low temperature, relatively high acquisition costs, high volume production of sludge, significant action on the pH of the treated water and harmful effects on human health. The natural polymer extracted from the Mandacaru cactus (*Cereus jamacaru*) was studied for be used as an auxiliary to the aluminum sulphate in the processes of coagulation and flocculation by tests performed in Jar-tests. The cactus extracts were prepared with distilled water and with solutions of hydrochloric acid 0.1 mol L^{-1} , sodium hydroxide 0.01 and 0.1 mol L^{-1} , and sodium chloride 1%. Removal of turbidity using polymers associated with aluminum sulfate was superior to that obtained using only the salt. The formation of large and bulky flocs increased the settling speed. The polymer did not cause considerable variation on the final pH and alkalinity of the remaining water of the tests. Thus, polymers extracted from cactus Mandacaru proved to be efficient as auxiliaries in processes of coagulation/flocculation, and an alternative for the treatment of water, especially in semiarid region of Brazil, where it is abundant.

Keywords: Cactus extract. Turbidity removal. Coagulation auxiliary.

6 Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION / AMERICAN WORKS ASSOCIATION / WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th ed, Washington DC, USA, 1999.

BRASIL. Portaria MS nº 2914/2011. **Ministério da Saúde**, Brasília, 2011.

CARDOSO, K. C. et al. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. **Periódicos UEM**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2008.

DAVET, Aline. **Estudo Fitoquímico e biológico do cacto – *Cereus jamacaru* de Candolle, Cactaceae**. 2005. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.farmaceuticas.ufpr.br/pdf/teses_resumos/Aline_Davet_dis.pdf>. Acesso em: 15 set. 2011.

DAVET, A. et al. Atividade antibacteriana de

Cereus jamacaru DC, Cactaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 561-564, Abr./Jun. 2009.

DI BERNARDO, Luiz; DI BERNARDO, Angela; CENTURIONE FILHO, Paulo Lui (Autor). **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: RiMa, 2002.

DIAZ, A. et al. A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela. **ProcessBiochemistry**, v. 35, p. 391–395, 1999.

GARRIDO, Jesus L. 2007. ***Cereus jamacaru***. Disponível em: <www.suculentas.es/Taxonomia.php?Nodo=2126>. Acesso em: 24 set. 2011.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2. ed. Campinas, SP: Átomo, 2008.

OZACAR, M.; SENGIL, A. Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. **Colloids and surfaces A:**

Physicochem. Eng. Aspects, v. 229, p. 85-96, 2003.

SCIBAN, M. et al. Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 6639 – 6643, 2009.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia**

de tratamento. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

YIN, CHUN-YANG. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. **Process Biochemistry**, 45, 2010.

ZHANG, J. et al. A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. **Bioprocess Chemistry**, v. 41, p. 730-733, 2006.