



II-032 - COMPORTAMENTO DO DECANTO-FLOCULADOR DE MANTA DE LODO E DECANTADOR DE ALTA TAXA NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO UTILIZANDO SULFATO DE ALUMÍNIO E DIFERENTES POLIELETRÓLITOS

Tsunao Matsumoto⁽¹⁾

Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento. Professor Assistente Doutor do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP.

Cláudio Martins Guilherme

Engenheiro Civil. Mestrando em Engenharia Civil - Área de Hidráulica e Saneamento, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP.

FOTOGRAFIA
NÃO
DISPONÍVEL

Endereço⁽¹⁾: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP - Departamento de Engenharia Civil - Alameda Bahia, 550 - Ilha Solteira - SP - CEP: 15385-000 - Brasil - Tel/Fax: (0xx18) 762-3121 - e-mail: tsunao@dec.feis.unesp.br

RESUMO

No Brasil, a maioria das estações de tratamento de água de abastecimento utiliza sistemas convencionais de tratamento compostos de floculadores mecanizados, decantadores de fluxo horizontal e filtros de areia utilizando sulfato de alumínio como coagulante principal.

Este modelo de estação de tratamento de água vem a cada ano sendo substituído pelas concessionárias e serviços autônomos de água, principalmente no Estado de São Paulo, por sistemas de abastecimentos por poços profundos (águas subterrâneas), devido ao elevado custo de implantação e operação deste modelo de estação, pois, este exige grandes espaços físicos requerendo grande tempo de detenção da água no sistema de tratamento.

O presente trabalho de pesquisa visa relatar o desempenho de uma estação piloto de tratamento, composta de um modelo reduzido dotado de decanto-floculador de manta de lodo, decantador de alta taxa e filtro de areia convencional, quando usados polieletrólitos catiônicos e sulfato de alumínio como coagulantes principais. O principal parâmetro de controle foi a turbidez, da água bruta até a água tratada que deixa o filtro.

Durante os ensaios de investigação foram utilizadas águas brutas de diferentes níveis de turbidez, simulando a variação sazonal das fontes de águas superficiais

O decanto-floculador manta de lodo, associado ao decantador laminar, possibilitou uma redução no tempo de detenção da água nos processos de floculação e sedimentação das partículas, quando utilizado a uma taxa de decantação e filtração de 120m³/m².dia

Em relação a qualidade de água, os polieletrólitos catiônicos apresentaram uma dosagem menor quando comparados com o sulfato de alumínio, além de garantirem menor turbidez na saída do filtro.

PALAVRAS-CHAVE: Floculador Hidráulico, Manta de Lodo, Coagulantes, Polieletrólitos, Tratamento de Água.

INTRODUÇÃO

O processo de clarificação da água é o maior responsável pelo elevado tempo de detenção da água, principalmente nos tanques de decantação convencional de fluxo horizontal. Na clarificação, reduz-se a turbidez e algumas características físicas da água devido à eliminação de partículas suspensas de tamanho variado, assim como várias outras impurezas contidas na água.

Exposto isto, a redução da turbidez promovida através de um sistema que reduza o tempo de detenção da água no sistema de tratamento é, sem dúvida, uma importante meta a ser alcançada para a elaboração de projetos de estações de tratamento de água de baixo custo de implantação e operação.

Uma das soluções para atingir tal objetivo recairia no uso da filtração direta em filtro de fluxo ascendente, a qual seria uma ótima solução, pois a água é tratada em uma única unidade de clarificação, não necessitando de



floculadores e decantadores, porque a floculação e a retenção de sólidos ocorrem na camada suporte do filtro. A sazonalidade bem distinta, na maioria das regiões brasileiras com verão chuvoso (alta turbidez) e inverno seco (baixa turbidez), têm dificultado o emprego dessa solução, pois não permite funcionamento adequado ao longo do ano. Desta forma, a sua utilização fica restrita apenas a água bruta que apresenta baixa turbidez.

Uma outra solução apontada em alguns estudos realizados até então, seria o uso de floculador hidráulico de manta de lodo como sendo uma alternativa de redução de áreas físicas do floculador e custo de implantação e operação de tratamento de água.

O floculador de manta de lodo consiste na formação de uma manta de flocos de impurezas agregadas pelo coagulante, os quais são retidos na parte inferior desta unidade. A manta de lodo tem como objetivo promover a aproximação dos flocos dispersos para facilitar adsorção dos mesmos, provocando um aumento no tamanho e no peso dos flocos. A formação dos flocos dá-se através de combinações de gradientes de velocidades (ortocinésia), logo após a mistura rápida da água bruta com o coagulante.

O coagulante mais utilizado nas estações de tratamento de água é o sulfato de alumínio, mas apresenta alguns inconvenientes tais como: aplicação em uma faixa restrita de valores de pH, baixa qualidade de sulfato de alumínio e também, pela suspeita de provocar alguma afecção de ordem neurológica em consumidores de água quando dosado de forma incorreta.

Por estes e outros motivos, muitas pesquisas tem sido realizadas no intuito de estudar a substituição do sulfato de alumínio por polieletrólitos como coagulante ou como auxiliar de coagulação, para reduzir o uso de sulfato de alumínio em estações convencionais de tratamento de água.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização das investigações foi utilizado um modelo reduzido de estação de tratamento de água existente, instalado nas dependências do Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, DEC-FEIS/UNESP, como mostrado na Figura 1.

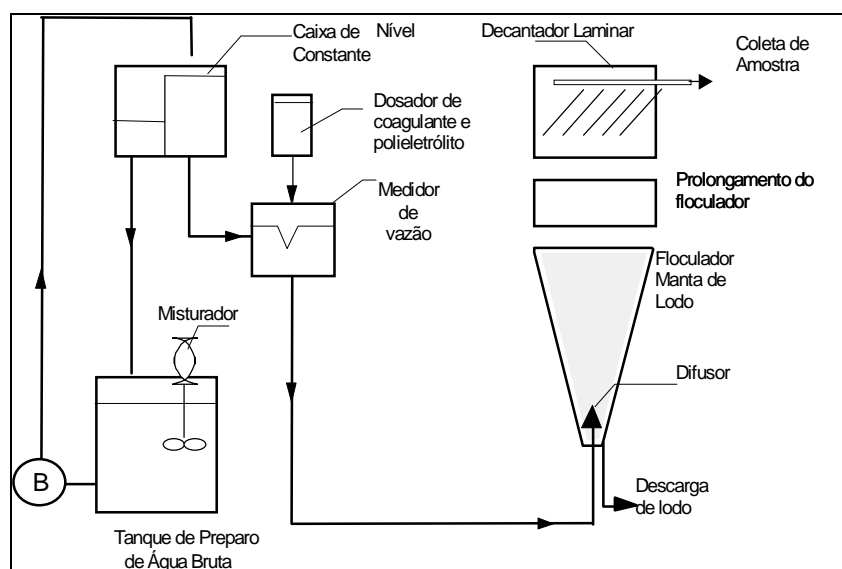


FIGURA 01 : Esquema do Modelo Experimental Reduzido.

Foi utilizado módulo experimental em acrílico, com floculador de manta de lodo associado ao decantador de alta taxa de placas paralelas. Este módulo foi alimentado com água coagulada proveniente de mistura rápida mecanizada. A taxa de aplicação do módulo de decantação foi única, de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Na parte superior do decantador foram efetuadas as coletas de amostras de água decantada. O tempo de floculação foi aproximadamente 12 minutos e o tempo de permanência da água no decantador de alta taxa foi de 14 minutos.



O módulo experimental é composto também por um filtro de areia de fluxo descendente, o qual tem taxa de aplicação superficial equivalente à taxa aplicada no módulo de decantação, $120 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$. Na saída do filtro, foi coletada amostra da água final tratada.

No presente estágio utilizaram-se duas marcas distintas de polieletrólitos catiônicos, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 -Características dos polieletrólitos ensaiados.

Polieletrólito	Caráter Iônico	pH	Massa Específica	Fabricante
A	Catiônico	1,5 a 3,0 (sol 5%)	1,24 a 1,30g/cm ³	I.Q. Arujá-SP
B	Catiônico	1,5 a 3,5 (sol 5%)	1,10 a 1,30g/cm ³	I.Q. Resinac

Na primeira fase de investigação foram realizados ensaios curtos, de 2 horas, o que permitiu observar a viabilidade de utilizar polieletrólitos como coagulantes principais.

Para determinar as dosagens iniciais de coagulantes, polieletrólitos e sulfato de alumínio, para água bruta preparada com turbidez de 10, 30 UT, foram realizados ensaios preliminares de Jar-Test. A água bruta foi preparada com pH em torno de 8,00 e em temperatura ambiente conforme variação climática monitorada. O pH da água decantada foi monitorado na entrada do filtro em amostragens pontuais. A turbidez das águas decantadas e filtradas foi monitorada com turbidímetro de leitura contínua durante cada ensaio. Os ensaios tiveram a duração de 450 minutos, o que permitiu analisar o comportamento do módulo decanto-floculador manta de lodo.

RESULTADOS

Ensaio de Investigação

A figura 2 mostra os desempenhos do polieletrólito “A” e do Sulfato de Alumínio como coagulantes principais em água bruta com turbidez de 30 UT e ambos com a mesma dosagem de 24mg/l

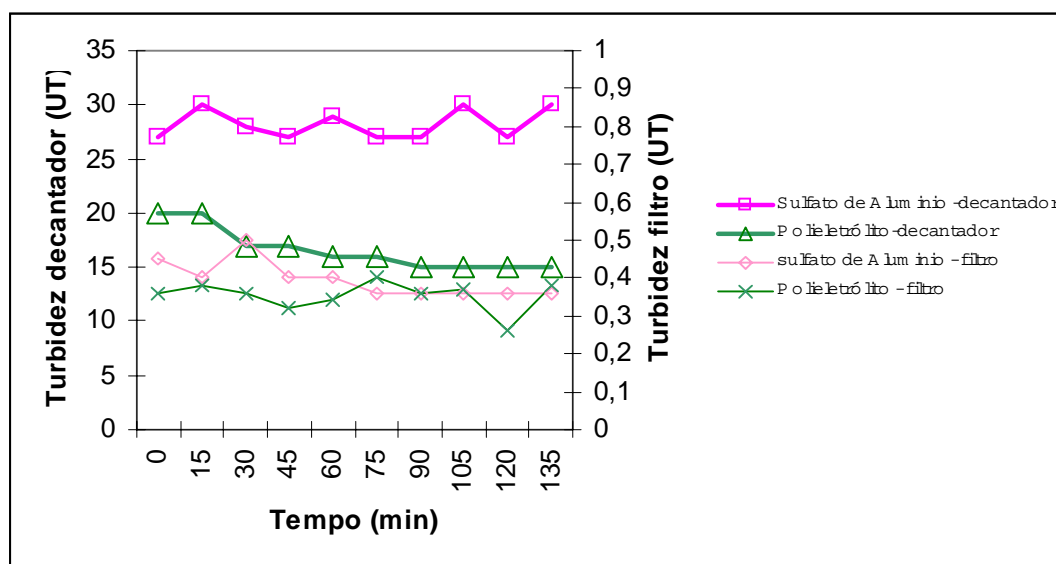


FIGURA 02 - Desempenho dos coagulantes para água de turbidez de 30 UT.

O melhor desempenho do polieletrólito neste ensaio de curta duração conduziu a estudar, em ensaios mais prolongados, o comportamento dos polieletrólitos catiônicos como coagulantes principais. Para isso foi realizado ensaio em aparelho Jar-Test para determinar a dosagem inicial.



Ensaio Preliminares - Jar-Test:

Com o objetivo de se ter uma faixa de dosagem para aplicação no módulo decanto-floculador manta de lodo, foram realizados ensaios de Jar-Test. Os ensaios tiveram as seguintes características:

- mistura rápida: 300 rpm em 10 segundos
- floculação: 60 rpm em 12 minutos
- sedimentação: 15 minutos.

A figura 3 mostra o gráfico de desempenho dos polieletrólitos "A" e "B" para turbidez da água bruta de 30 UT.

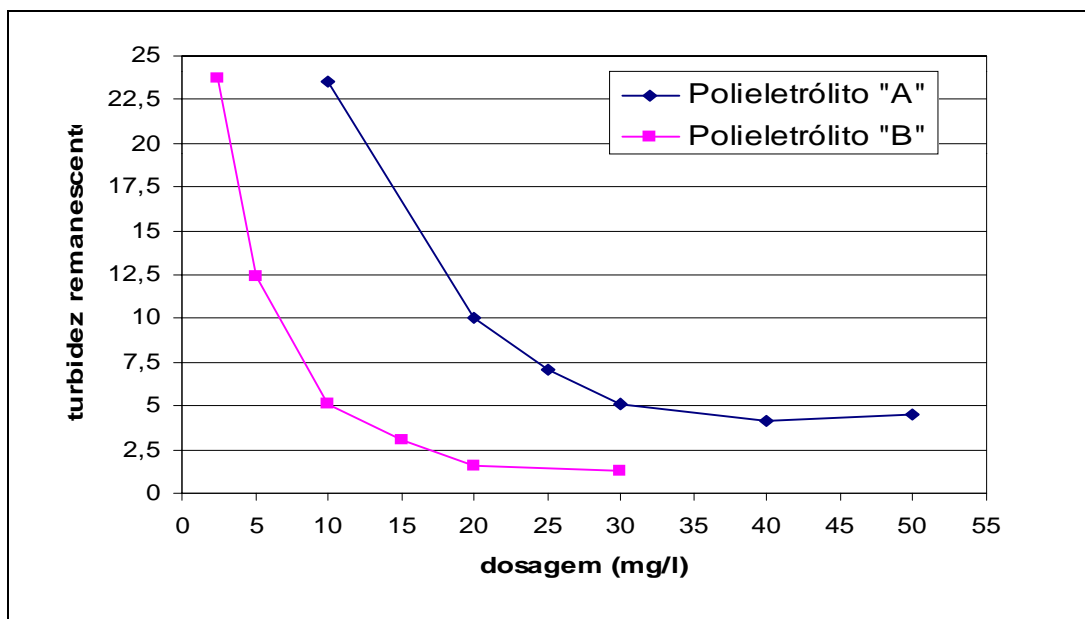


FIGURA 03 - Desempenho dos coagulantes para diferentes dosagens em água de turbidez de 30 UT em ensaio realizado com aparelho Jar-Test.

Pode-se notar um melhor desempenho do polieletrólito "B" em relação à dosagem aplicada no Jar Test..

A figura 4 mostra o desempenho do polieletrólito "A" para diferentes dosagens para turbidez de 10UT.

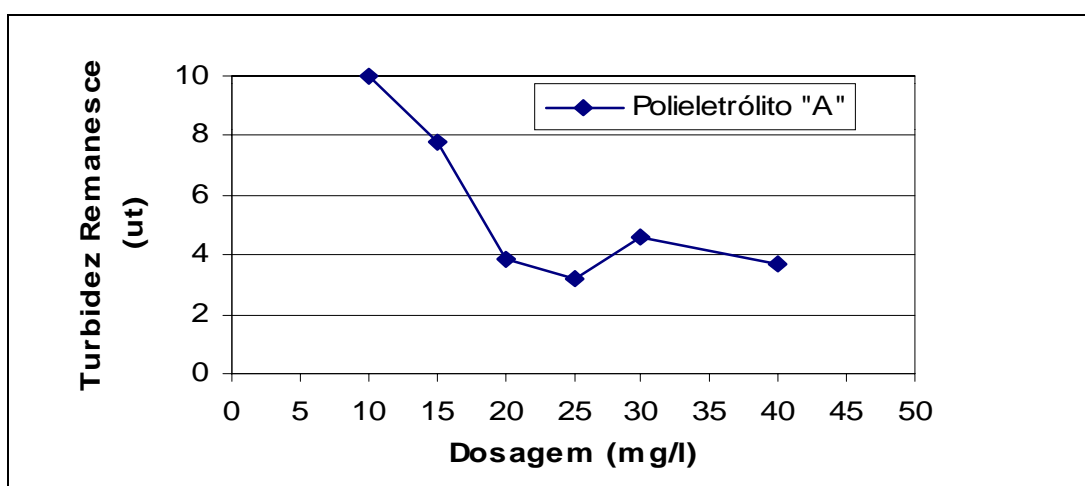


FIGURA 04 - Desempenho do polieletrólito "A" para diferentes dosagens em água de turbidez de 10 UT em ensaio realizado em aparelho Jar-Test.



Ensaios no Módulo Decanto-Floculador de Manta de Lodo:

Com os resultados obtidos em aparelho de Jar-Test iniciaram-se ensaios no módulo experimental.

A figura 05 mostra os resultados obtidos pelo polieletrólito “A” para turbidez de água bruta de 30UT.

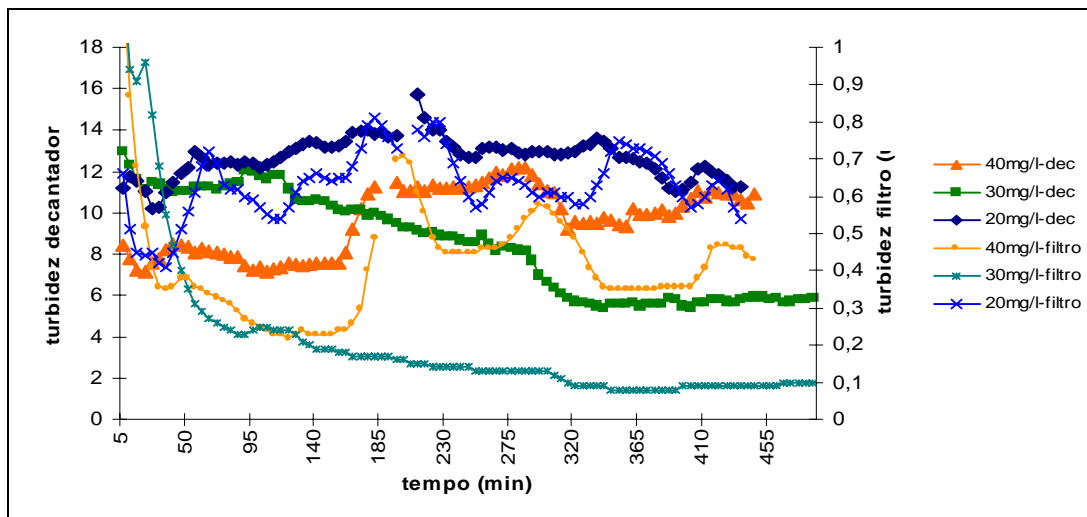


FIGURA 05 -Turbidez remanescente na saída do decantador e filtro utilizando o polieletrólito “A”em água com turbidez de 30 UT.

O gráfico da figura 05 mostra o desempenho do polieletrólito “A” quando submetido a diferentes dosagens no decanto-floculador manta de lodo e decantador laminar. O primeiro eixo das ordenadas marca os valores de turbidez remanescente na saída do decantador alta taxa enquanto o segundo eixo marca a turbidez remanescente na saída do filtro. As curvas de maior espessura referem-se a turbidez na saída do decantador, enquanto as de menor espessura referem-se a turbidez na saída do filtro (conforme legenda apresentada na figura).

Observando o gráfico da figura 05, nota-se um melhor desempenho para a dosagem de 30 mg/l, cuja turbidez no decantador foi diminuindo conforme o aumento da altura da manta, estabilizando após 320 minutos com turbidez remanescente em torno de 7,00 UT na saída do decantador e 1,0 UT na saída do filtro. Observa-se, também, o comportamento idêntico das curvas de mesma dosagem. Por exemplo, para a dosagem de 20 mg/l quando a turbidez do decantador decrescia, a do filtro apresentava comportamento idêntico.

A figura 06 mostra o gráfico de desempenho do polieletrólito “A” para turbidez de 10UT

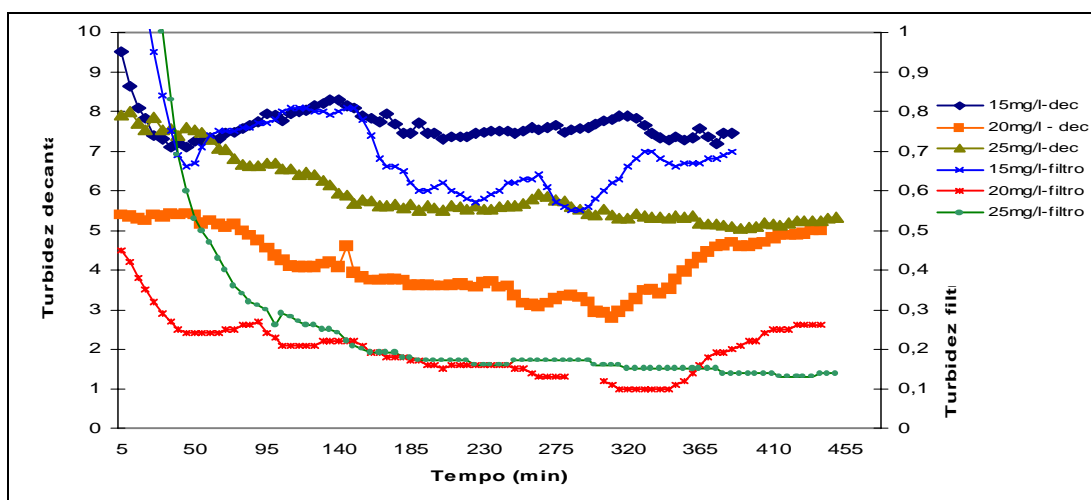


FIGURA 06 -Turbidez remanescente na saída do decantador e filtro utilizando o polieletrólito “A”em água com turbidez de 10 UT.



Observa-se, na figura 06, o mesmo comportamento apresentado na figura 05, na qual verifica-se a sensibilidade do filtro em relação à turbidez de entrada do mesmo; as curvas são praticamente paralelas.

A dosagem ótima para o caso ficou próxima a 20 mg/l, já que para 15 mg/l a água filtrada obtida foi de qualidade aceitável.

Em oito horas de ensaio, a perda de carga no filtro, para todas as dosagens do polieletrólito “A” não ultrapassou 50 cm.

Antes de iniciar-se os ensaios com o polieletrólito “B” já se esperava um melhor rendimento que o polieletrólito “A”, no que diz respeito à dosagem e floculação, devido aos resultados dos ensaios preliminares de Jar-Test. Surpreendentemente, os resultados obtidos na saída do filtro foram muito melhores do que os obtidos pelo polieletrólito “A”, como mostra a figura 07.

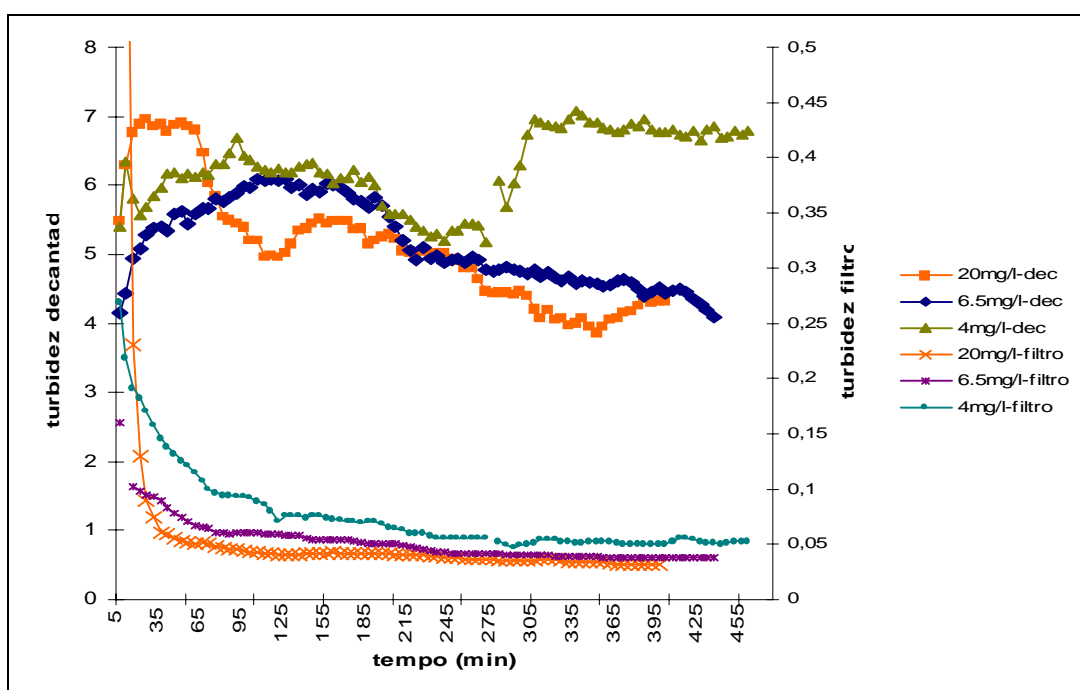


FIGURA 07 -Turbidez remanescente na saída do decantador e filtro utilizando o polieletrólito “B” em água com turbidez de 30 UT.

Com uma dosagem de 4mg/l obteve-se uma turbidez na saída do decantador de 6UT e de 0,05UT na saída do filtro. Contrariando o comportamento do filtro quando da utilização o polieletrólito “A”, os comportamentos do filtro e decantador não apresentaram paralelismo entre si, deixando o filtro menos sensível a turbidez de entrada no mesmo.

A perda de carga, utilizando-se o polieletrólito “B” como coagulante, não ultrapassou 20 cm para todas as dosagens e durante as 08 horas de ensaio.

CONCLUSÕES

Em vista dos resultados obtidos nos ensaios observou-se a eficiência do sistema decanto-floculador manta de lodo com decantador de alta taxa na redução da turbidez de águas de turbidez média, baixando a turbidez inicial de 30 UT para 5 UT na saída do decantador. Esses resultados foram obtidos com baixo tempo de permanência da água no sistema, 12 minutos no decanto-floculador manta de lodo e 14 minutos no decantador de alta taxa.

Em relação ao uso de polieletrólitos catiônicos como coagulantes principais nota-se a grande eficiência do polieletrólito B na redução da turbidez. A baixas dosagens obteve-se uma grande margem de segurança na



saída do filtro, com turbidez máxima menor que 0,1 UT, o que significa que ainda utiliza-se uma super dosagem de polieletrólito, podendo a mesma ainda ser reduzida para aumentar a carreira de filtração. O tamanho da carreira de filtração não foi analisado, devido aos ensaios de média duração, em torno de 8 horas, mas foi apresentada pequena perda de carga no filtro neste período.

Nota-se que os ensaios foram realizados com água bruta preparada e não natural, o que certamente produz um certo mascaramento nos resultados. Os bons resultados apresentados com este tipo de água levam à continuação desta pesquisa.

Além de analisar carreiras de filtração maiores e o uso de outros polieletrólitos, a continuação deste trabalho terá água bruta natural nos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Di BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES, 1993. 2 vol.
2. HESPANHOL, I., *Cinética de floculação de suspensões coloidais com polieletrólitos naturais*. São Paulo, 1982, 232 p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Usp.
3. LICSKÓ, I., Realistic Coagulation Mechanisms in the Use of Aluminium and Iron(III) Salts. *Water Science Technology*, Vol 36, no. 04, p.103-110, 1997.
4. NARKIS, N., GHATTAS, B., REBHUN M., RUBIN, A. J. The Mechanism of Flocculation With Aluminium Salts in Combination With Polymeric Flocculants as Flocculant Aids. *Water Supply*, Vol 09, p. 37-44, 1991.
5. PAIXÃO, G. C., *Estudo da coagulação-floculação-sedimentação de água com turbidez ou cor elevada, utilizando polímero sintético como auxiliar de floculação*. São Carlos, 1996, 2v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
6. ROUT, D., VERMA R., AGARWAL, S. K. Polyelectrolyte Treatment - An Approach for Water Quality Improvement. *Water Science Technology*, Vol 40, no. 2, p. 137-141, 1999.
7. TANGERINO, E.P., MATSUMOTO, T. & DALL'AGLIO SOBRINHO - Flocculador de manta de lodo associado a decantador laminar em tratamento de água - In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, XXVI, 01 a 05 de novembro de 1998, Lima, Peru, Anais em CD-ROM.
8. TARQUIN, A. J., HAAN, G. B., RITTMANN, D. Polymer Cost and Performance Evaluation. *Water/Engineering & Management*, p. 27-31, Jan 1998.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela concessão da bolsa de mestrado (Proc. N 99/06602-3) e pelo apoio financeiro ao projeto

Ao Departamento de Engenharia Civil da FEIS/UNESP, pelo apoio técnico durante o desenvolvimento do trabalho de análise e compilação dos dados.