



I-266 - ESTUDOS DE FLOCULAÇÃO HIDRÁULICA EM REATORES DE FLUXO ASCENDENTE DOTADO DE LEITO COMPOSTO DE MANTA, SOB ESFERAS DE POLIESTIRENO, COMO MEIO FLOCULANTE, EM COMPARAÇÃO À FLOCULAÇÃO MECÂNICA DE CÂMARAS DE SEÇÃO QUADRADA E ROTORES DE EIXO VERTICAL DO TIPO PALETAS - ETA BRAGANÇA PAULISTA

Milma Roza de Lima⁽¹⁾

Bacharel em Química pela Universidade São Francisco - USF. Mestranda em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Atualmente trabalha na SABESP.

Ruben Bresaola Junior

Professor Doutor do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Foi Diretor de Educação do CREA-SP, membro do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, membro do Conselho Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo, membro do CTID/PCJ-SP, assessor FAPESP, CNPq e FINEP; membro de Conselhos Editoriais de revistas científicas nacionais, de periódicos e de congressos internacionais

Endereço⁽¹⁾: Avenida Voluntário Antenor da Silva, s/nº - Jardim Morumbi – Bragança Paulista – São Paulo – CEP: 12926-010 – Brasil - Tel: +55 (11) 4035-2024 - Fax: +55 (11) 4035-2074 - e-mail: milma_lima@yahoo.com.br.

RESUMO

A floculação em meio granular fixo desperta bastante interesse por suas possibilidades de aplicação, principalmente em estações de tratamento de água de pequeno porte, (vazão inferior a 10 L/s), devido à sua eficiência, compacidade e baixo custo. No entanto, o reduzido volume de vazios proporcionado pelo meio granular quando comparado ao dos materiais sintéticos favorece o aumento excessivo da perda de carga imposta ao escoamento e conseqüentemente o inconveniente de freqüentes descargas e necessidades de limpezas.

Diante da necessidade de atenuar, ou mesmo eliminar tais inconvenientes operacionais, este trabalho propõe estudos comparativos de eficiência em sistema piloto de floculação hidráulica em meio granular fixo constituído por manta não tecida (PP) e esferas sólidas (ϕ 9 mm, PS) e floculação mecanizada do tipo eixo vertical de paleta, em câmara de seção quadrada, seguido de decantação. Os ensaios foram realizados com água coagulada da ETA Bragança Paulista (SABESP) à diferentes taxas de aplicação superficial de 50, 75, 100, 150, 180, 200, 250, 300 e 350 m³/m².d, onde foram determinadas as condições operacionais, o período de floculação e a evolução da perda de carga.

O reator R2 até a taxa de 180 m³/m².dia apresentou melhor eficiência na remoção de turbidez e cor aparente do que o decantador da ETA e nas demais taxas de aplicação superficial apresentou eficiências de remoção de cor aparente e turbidez qualitativamente semelhantes aos respectivos parâmetros da ETA.

Os resultados mostraram que a porosidade elevada, apresentada pelo sistema piloto constituído de manta sintética não tecida e esferas sólidas (R2) favoreceu o aumento da taxa de colisões entre as partículas coloidais, o que permitiu a geração de uma visível manta de lodo ao longo da espessura desta manta e a facilidade de liberação do lodo retido para recuperação da carga hidráulica disponível quando da realização da descarga de limpeza. O sistema, assim constituído, quando submetido a valores máximos de taxa de aplicação superficial de 180 m³/m².d (196 L/h) e com valores médios de turbidez de água bruta de 13,0 uT operou como unidade de floculação e clarificação de água em tratamento, tendo sido obtido efluente com valores médios de turbidez menores que 5 uT e cor aparente menores que 15,0 uC, o que possibilitaria o tratamento da água por filtração direta, eliminando-se a etapa de decantação. Sua maior aplicação pode estar voltada às pequenas e médias comunidades que ainda não possuem acesso à água potável, através da possibilidade de implementação de tecnologia de tratamento de água com custos de implantação e operacionais relativamente baixos e com a manutenção simplificada quando comparados aos sistemas convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: floculação em malhas, meio granular sintético, floculação em esferas, materiais recicláveis, floculação hidráulica.



INTRODUÇÃO

Há um século, pelo menos, o consumo de água tem crescido a um ritmo muito mais rápido que a população – e esta tendência se mantém. Neste período de tempo, a população quadruplicou, enquanto o consumo de água cresceu sete vezes. À medida que o mundo vai se desenvolvendo, também vai se tornando mais ávido por água (PNUD/RDH, 2006). Previsão da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2007), indica que por volta do ano de 2025 a população mundial deverá ser de aproximadamente 8.9 bilhões de pessoas e deverá ser a máxima suportável, dentro das semelhantes condições de consumo atual.

No início do século 21, uma em cada cinco pessoas residentes em países em desenvolvimento, cerca de 1,1 bilhão de pessoas, não tem acesso a água potável. Cerca de 2,6 bilhões de pessoas, quase metade da população total dos países em desenvolvimento, não têm acesso ao saneamento básico. (PNUD/RDH 2006).

No Brasil, os piores índices de cobertura de água canalizada e rede geral de distribuição são observados principalmente nas regiões menos desenvolvidas (norte e nordeste) e nos menores municípios do país. Assim, os programas destinados à universalização dos serviços de saneamento devem ser voltados, prioritariamente, para estas localidades (IBGE, 2002).

As tecnologias aplicadas na produção de água para abastecimento público têm de ser determinadas em função das características físicas, químicas e microbiológicas da água bruta. Daí, ser de suma importância o conhecimento da variação de sua qualidade e da probabilidade da mesma conter despejos, de diferentes origens, ao longo de seu percurso pela bacia hidrográfica contribuinte.

Na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), as tecnologias de tratamento de águas para abastecimento são classificadas como convencionais, que incluem todas as etapas tradicionais do processo (coagulação, floculação, decantação e filtração), e não-convencionais, incluindo a filtração direta ascendente ou descendente, a dupla filtração, e a filtração lenta (DI BERNARDO et al, 2003). Os sistemas de tratamento de água convencionais, apesar da evolução no conhecimento, operação, e conseqüentemente, no dimensionamento de unidades como decantadores e filtros, apresentam custos de implantação, operação e manutenção relativamente altos aos sistemas não convencionais anteriormente citados. Porém, são mais adequados ao tratamento de águas com elevada carga de sólidos suspensos, sejam estes de origem orgânica ou inorgânica, e às necessidades de tratamento de águas com constituintes diferenciados.

Apesar da predominância do tratamento convencional nos distritos brasileiros, os sistemas não-convencionais vêm se difundindo cada vez mais e já apresentam números relativamente significativos no País. Dependendo da qualidade da água bruta, a filtração direta pode apresentar funcionamento simplificado e custos de implantação relativamente baixos. Estudos adicionais sobre a filtração direta ascendente e descendente desenvolvidos pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB 3), e com aprimoramento da dupla filtração, colaboraram para promover essas tecnologias e difundir sua aplicação (DI BERNARDO et al, 2003).

A floculação prévia pode melhorar o desempenho de sistemas não convencionais de tratamento de água como a filtração direta descendente, pela modificação do tamanho e quantidade das partículas, que chegam ao meio filtrante, geralmente feito em unidades de filtro, com fluxo descendente de dupla camada, dado que o desenvolvimento da perda de carga no meio filtrante varia na razão inversa do tamanho das partículas retidas. Em geral, a perda de carga desenvolvida, será tanto menor quanto maior for o tamanho das partículas (BRANDÃO apud RAMOS, 2000). O custo de um sistema de floculação depende, essencialmente, de três fatores: vazão, tempo de floculação, aspecto, relacionado ao volume dos tanques, e a energia a ser transferida para a água, ligado diretamente ao gradiente de velocidade necessário para a floculação.

A eficiência da floculação durante um tempo determinado, é tanto maior quanto mais câmaras em série tiver o floculador. Os floculadores dotados de meio granular podem e devem ser considerados como um sistema que possui um número elevado de câmaras em série, e são considerados de elevada eficiência energética (SENS, 1997).

Os primeiros estudos sobre floculação em meio granular fixo, na América Latina, foram feitos no Brasil pela SANEPAR (Companhia de Saneamento do Estado do Paraná) em 1979. A floculação em meio poroso está despertando muito interesse, por suas possibilidades de aplicação, principalmente em pequenas instalações, devido à sua elevada eficiência e baixo custo. Apresenta, entretanto, alguns problemas operacionais relacionados, principalmente, com a obstrução do meio, o que não é um sério inconveniente em instalações de pequeno porte (vazão igual ou inferior a 10 L/s (RICHTER & AZEVEDO NETTO, 1991).

Diante da necessidade de se aproveitar o desempenho favorável da floculação em meio poroso devido à ocorrência de fluxo laminar (perda de carga seguindo a equação de Darcy) gerado nos vazios entre o meio granular e à progressiva retenção de coágulos ou flocos em formação, que proporcionam melhores condições hidráulicas, oportunidades de choques entre as partículas ou substâncias em processo de floculação



(compostos floculentos e aglomerados de partículas) e sejam controladas as forças de cisalhamento dos mesmos, deve-se buscar meios granulares alternativos, que atenuem o aumento excessivo da perda de carga imposta ao escoamento e conseqüentemente, à inconveniência de freqüentes necessidades de limpezas em função do reduzido volume de vazios. Foram estudados e comparados características dos efluentes oriundos de sistemas de floculação hidráulica de fluxo ascendente dotados de meios granulares compostos por esferas sólidas e malha, e de sistemas de floculação mecanizada do tipo eixo vertical de paleta, em câmara de seção quadrada, seguido de decantação. Foi utilizado, em ambos os casos, água coagulada da Estação de Tratamento de Água (SABESP), no município de Bragança Paulista, no estado de São Paulo.

Os resultados das análises das amostras obtidos neste trabalho demonstraram que a floculação hidráulica de fluxo ascendente em meio constituído de esferas sólidas e malha apresentou-se, qualitativamente mais eficiente que a promovida em floculação mecanizada do tipo eixo vertical de paleta até a valores de taxas máximas de aplicação superficial da ordem de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Isto pode indicar que haja uma real possibilidade de contribuição para a otimização de estações de tratamento de água, eventualmente com problemas nos sistemas de floculação e/ou decantação. Também pode auxiliar na realização de projetos mais eficientes e econômicos; e com aplicação voltada às pequenas e médias comunidades (urbanas e rurais), que ainda não possuem acesso à água potável. A possibilidade de uso desta tecnologia simplificada de tratamento de água e de facilidade operacional, com baixos custos de implantação e operação, quando comparados a sistema de tratamento convencional, pode colaborar para com alcance de meta de 91,5% de população com acesso à água potável, que atualmente é de 90,0%, estabelecida pelos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – uma série de metas socioeconômicas que os países-membros da ONU se comprometeram a atingir até 2015.

O reator dotado de meio granular composto por malha e esferas sólidas, além de operar com eficiência como unidade de floculação hidráulica, operou também no decorrer dos ensaios como unidade clarificadora da água em tratamento quando submetida à valores máximos de taxa de aplicação superficial de $180 \text{ m}^3.\text{m}^2/\text{d}$ e de turbidez de água bruta de 13,0 uT obtendo efluente com valores de turbidez menores que 5 uT e cor aparente menores 15,0 uC, o que possibilitaria o tratamento da água por filtração direta.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo – SABESP; da Maccaferri do Brasil Ltda e à Petranova Mineração e Construção Ltda através da doação dos materiais para as unidades de pesquisa.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo estudar a eficiência de remoção de cor e turbidez de um processo de floculação hidráulica, em águas coaguladas com sulfato de alumínio para fins de abastecimento público, em reator de fluxo ascendente dotado de meios granulares sintéticos recicláveis (malha e esferas sólidas) como meio floculante, doravante, denominado reator R2, quando comparado ao efluente oriundo de um sistema de floculação mecânica, três câmaras em série, seguido de decantação, situada na ETA Bragança Paulista - SABESP.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados utilizando-se um sistema piloto instalado externamente ao lado do canal de distribuição de água coagulada, ao lado externo do mesmo, da Estação de Tratamento de Água de Bragança Paulista (500 L/s), localizada no bairro Jardim Morumbi, no município de Bragança Paulista, no estado de São Paulo (Figura 1).



Figura 1 - Fotografia da vista aérea da ETA Bragança Paulista, FONTE: SABESP, 2008

Este sistema era composto por uma caixa de nível constante (PVC, 100 litros) para distribuição de vazão ao designado reator. Para o controle da vazão afluyente de água coagulada ao reator de floculação foi utilizado um sistema de sifonamento hidráulico (Figura 2), acoplado a tubulações, com os devidos controles por registros, para distribuição de água coagulada até a entrada inferior do reator de floculação hidráulica. O corpo do reator era composto por dois diferentes tipos de dutos. Parte foi composta por tubo em acrílico de cristal transparente sem costura, 206 mm de diâmetro externo e 200 mm de diâmetro interno; 6,5 mm de espessura de parede e comprimento de 1,80 m. Outro segmento utilizou duto de PVC branco de diâmetro interno de 200 mm, 2,5 mm de espessura de parede, comprimento de 1,20 m; totalizando comprimento útil total de 3,00 m. Este reator era dotado de meios floculantes fixos, de descargas de fundo para limpeza do mesmo e com derivação para a entrada de água coagulada, quando em operação (Figura 3). A saída de água floculada/clarificada foi localizada na parte superior do reator, próximo à superfície superior da lâmina de água.



Figura 2 - Fotografia do sistema de sifonamento

Dispositivo para coleta de amostras de água floculada, também foi programado e construído, bem como, deixadas tomadas piezométricas, utilizadas para o acompanhamento das perdas de carga durante o funcionamento da unidade. Para isto foi montado um quadro piezométrico e, deste modo, pode ser possível a medição da perda de carga total no reator. O reator R2 foi preenchido com duas camadas de materiais granulares sintéticos, recicláveis, compostos por uma camada de malha com espessura de 120 cm (PP) e outra de esferas sólidas (PU), diâmetro uniforme de 9,0 mm e com camada de 60 cm de espessura (Figuras 3 e 4, respectivamente).

Os ensaios foram realizados com água coagulada da ETA Bragança Paulista à diferentes valores de taxas de aplicação superficial: 50, 75, 100, 150, 180, 200, 250, 300 a 350 m³/m².d. Neles foram determinadas as porcentagens de remoção de turbidez (uT), cor aparente (uC), ferro (mg/L), manganês (mg/L), o período de



floculação e a evolução da perda de carga. O reator R2 operou vinte e quatro horas por dia. As coletas de amostras do efluente do reator, para caracterização de análises físico-químicas ocorreram com o mesmo em operação e realizadas até a carreira nº 9, duas vezes por dia. A primeira coleta era feita aproximadamente às 12 horas e uma segunda por volta das 16 horas. Das carreiras de nº 10 à nº 15, as coletas ocorreram uma única vez por dia, aproximadamente às 16 horas.

As leituras dos valores da perda de carga unitária no reator R2 foram realizadas diariamente às 16 horas, em todas as 15 carreiras de operação, antes do início de cada coleta de amostras, e totalizadas como perda de carga total por reator. A limpeza dos meios granulares do R2 foi realizada através de descargas de fundo, de forma que ocorresse o arraste de sólidos retidos nos mesmos.

As amostras de efluente foram coletadas com o mesmo em funcionamento, imergindo-se na extremidade superior do reator, jarro acrílico utilizado para ensaios de jartestes com volumes aproximados de 2 (dois) litros. A determinação dos valores representativos das velocidades de sedimentação dos flocos como função da turbidez remanescente do efluente clarificado no reator R2, da instalação piloto, se constitui em tarefa de difícil execução considerando-se a integridade dos flocos. Neste trabalho a mesma tecnologia para a obtenção do efluente de R2 foi utilizada para a retirada de amostra do sistema operacional da ETA Bragança Paulista.

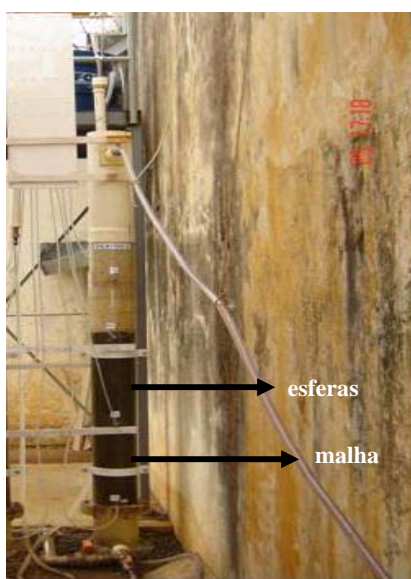


Figura 3 – Foto do reator R2 com meios granulas fixos dotados malha e esferas sólidas

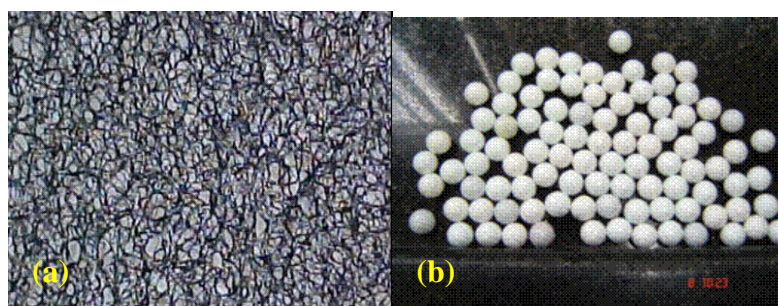


Figura 4 – Fotos da malha (a) e das esferas sólidas (b) usadas como meios granulas fixos reator R2

As coletas do sistema de flocculação mecanizado foram todas no efluente da terceira câmara, em funcionamento normal da mesma. A caracterização físico-química das amostras dos efluentes coletadas foram realizadas no laboratório (certificação ISO 9001:2000) da ETA Bragança Paulista.

As coletas de amostras para análises foram realizadas no próprio jarro através de mangueira de silicone, de 6mm de diâmetro interno acoplada ao jarro e posicionada a 7 cm de distância do nível superior da lâmina sendo coletados volumes aproximados de 200 ml e após o intervalo de tempo de 7 minutos. Assim procedendo, o valor de velocidade de sedimentação dos flocos foi de 1,0 cm/min. Nestas amostras foram

realizadas análises de cor aparente (uT) e turbidez remanescente (uT) como função da velocidade de sedimentação estabelecida para a sedimentação dos flocos. Foram realizadas também análise de turbidez (uT) e cor aparente (uC) dos efluentes filtrados em papel filtro, quantitativo, Whatman 40 (faixa branca, filtração média), para a filtração dos efluentes foram utilizados volumes de aproximadamente 100 ml.

As análises físico-químicas de turbidez e cor aparente foram realizadas respectivamente no turbidímetro 2100P da Hach, espectrofotômetro 2100 da Hach e no colorímetro digital para cor Aquacolor da Policontrol.

RESULTADOS

Comparando-se os resultados médios presentes nas Figuras de 5 a 10, de remoção (%) de turbidez (uT) e cor aparente (uC) nos tempos de sedimentação de 7 minutos das amostras oriundas do reator R2 e detenção médio de floculação de 15 minutos por carreira de operação, com os resultados das amostras da água decantada da ETA Bragança Paulista com tempos médios de detenção de floculação de 38 min e de sedimentação de 2 horas, foi observado que, a partir da taxa de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, a água decantada pela ETA Bragança Paulista apresentou os melhores resultados de remoção de turbidez. No entanto, é importante observar que o reator R2 até a taxa de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ apresentou melhor eficiência na remoção de turbidez e cor aparente do que a ETA Bragança Paulista; isto sem falar na diferença de tempo de produção do efluente (aproximadamente 170 minutos).

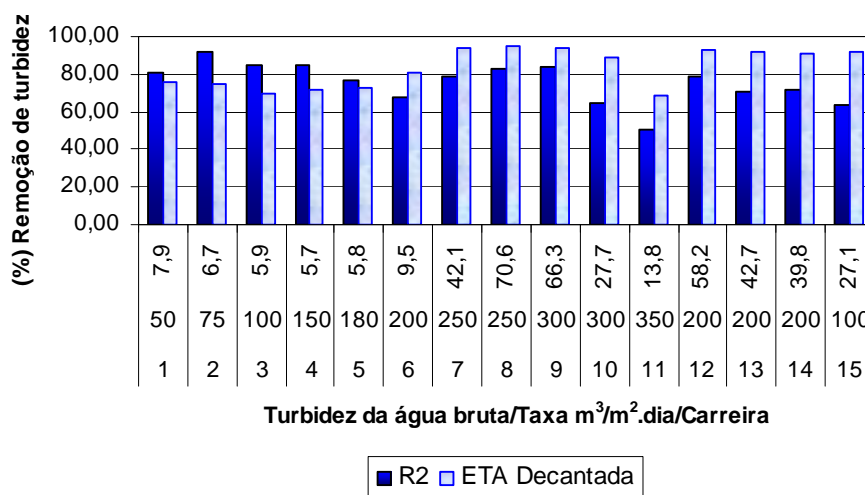


Figura 5: Valores médio de porcentagens de remoção de turbidez (uT) dos efluentes do reator R2 no tempo de sedimentação (T_{s7}) de 7 minutos em função de taxas de aplicação ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$) e água decantada ETA .

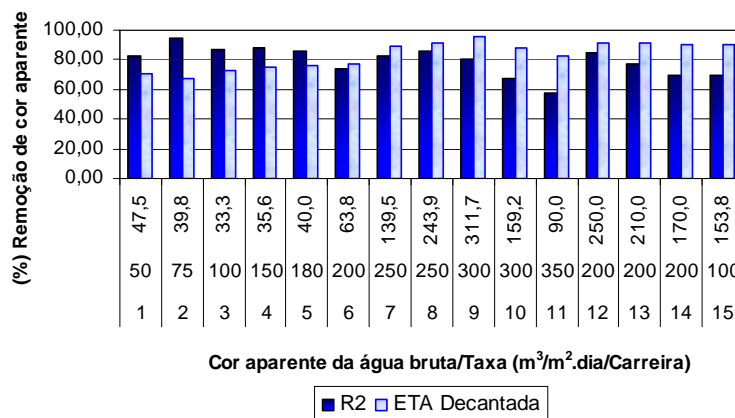


Figura 6: Valores médio de porcentagens de remoção (%) de cor (uC) do efluente do reator R2 no tempo de sedimentação (T_s) = 7 minutos em função de taxas de aplicação ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$) e água filtrada da ETA

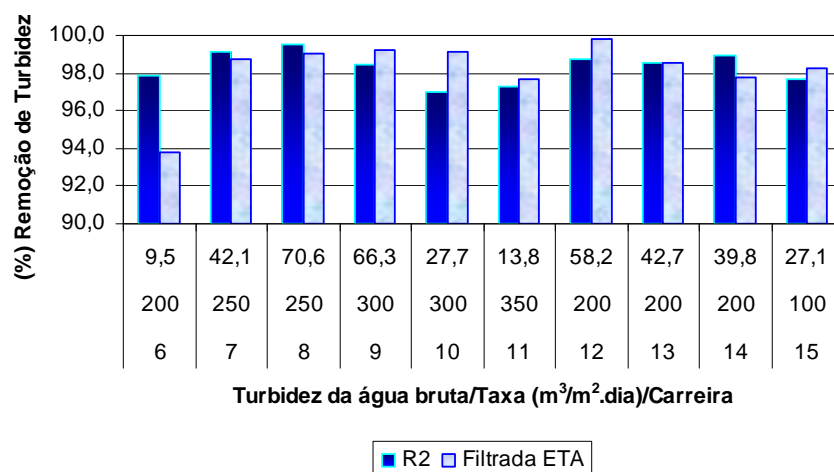


Figura 7: Valores médio de porcentagens de remoção de turbidez (uT) dos efluentes filtrados em papel de filtro (Whatman 40) do R2 no tempo de sedimentação (T_s) = 0 minutos em função de taxas de aplicação ($m^3/m^2.dia$) e água filtrada da ETA Bragança Paulista.

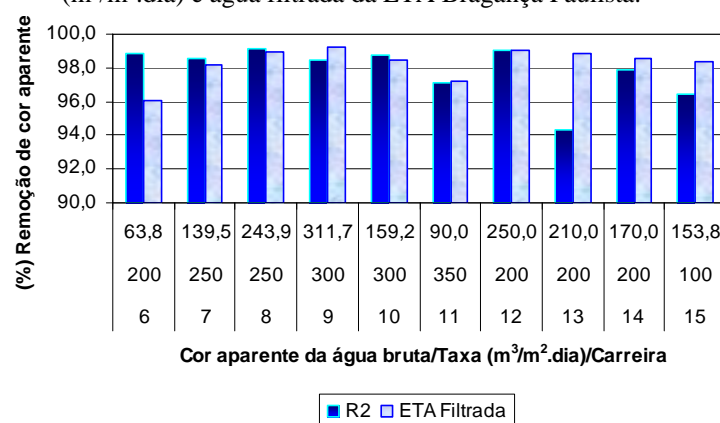


Figura 8: Valores médio de porcentagens de remoção de turbidez (uT) dos efluentes filtrados em papel de filtro (Whatman 40) do R2 no tempo de sedimentação (T_s) = 0 minutos em função de taxas de aplicação ($m^3/m^2.dia$) e água filtrada da ETA Bragança Paulista.

O efluente do R2 filtrado após tempo de sedimentação de 7 min e com velocidade de sedimentação de 1 cm/min, apresentou praticamente a mesma eficiência de remoção (%) de turbidez e cor que o efluente da filtrado da ETA.

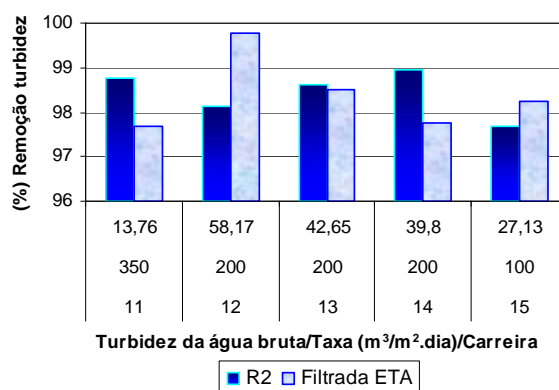


Figura 9: Valores médio de porcentagens de remoção de turbidez (uT) dos efluentes filtrados em papel de filtro (Whatman 40) do R2 no tempo de sedimentação (T_s) = 7 minutos em função de taxas de aplicação ($m^3/m^2.dia$) e água filtrada da ETA Bragança Paulista.

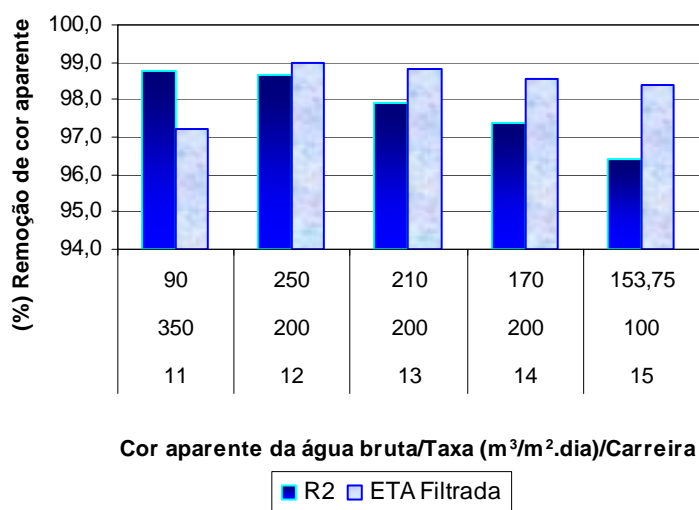


Figura 10: Valores médio de porcentagens de remoção de cor aparente (uC) dos efluentes filtrados do R2 no tempo de sedimentação (T_s) = 7 minutos em função de taxas de aplicação ($m^3/m^2.dia$) e água filtrada da ETA Bragança Paulista

O reator R2, para amostras no tempo de sedimentação (T_s) de 7 minutos e com velocidade de sedimentação de 1 cm/min apresentou a mesma eficiência de remoção percentual de turbidez (uT) que as verificadas nas amostras de águas decantadas da ETA, Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Comparações múltiplas. Valores médios de porcentagens de remoção de turbidez. Teste SNK. Desvio padrão.

	MÉDIA	N	Desvio médio padrão	LOCAL
A	79,537	136	1,36	ETA_DECANTADA
A	78,341	134	4,01	R2

Na variável cor aparente (uT), observou-se também que o reator R2 (T_s = 7 minutos) apresentou, em média, análises das amostras, eficiência de remoção maior que a da água decantada da ETA, embora sejam semelhantes (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparações múltiplas. Valores médios de porcentagens de remoção de remoção de cor. Teste SNK. Desvio padrão

	MÉDIA	N	Desvio médio padrão	LOCAL
A	81,965	134	17,87	R2
A	76,913	272	5,07	ETA_DECANTADA

O reator R2 quando submetido à valores máximos de taxa de aplicação superficial de $180 m^3.m^2/d$ e de turbidez de água bruta de 13,0 uT operou como filtro/clarificador de água em tratamento obtendo efluente com valores médios de turbidez menores que 5 uT e cor aparente menor que 15,0 uC, o que possibilitaria o tratamento da água por filtração direta, eliminando-se a etapa de decantação. Foi realizado junto aos boletins diários de operação da ETA Bragança Paulista levantamento de valores médios e máximos de turbidez no Rio Jaguari no período de 26 de março de 2004 a 13 de março de 2008 o que permitiu inferir que dos 1.395 dias de informações obtidas e considerando-se os valores médios e máximos de turbidez, o reator R2 operaria como unidade clarificadora 811 dias ou seja (58,14%) do tempo; e como floculador 716 (51,33%) dias (Figura 11).

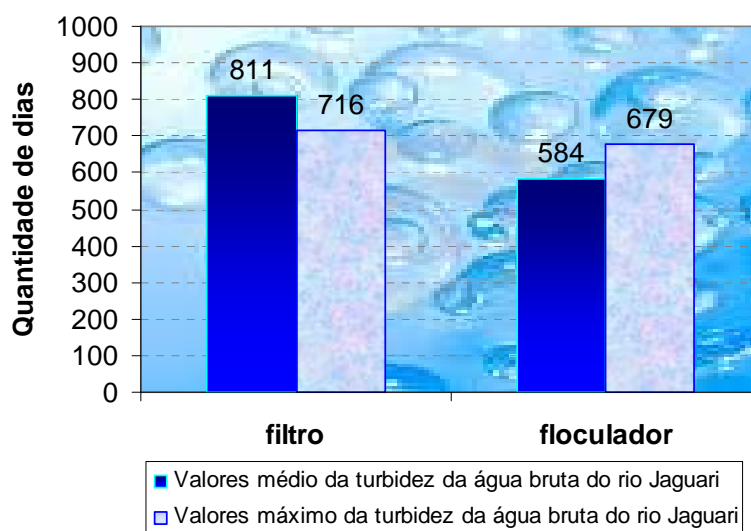


Figura 11 – Operação do reator R2 como unidade clarificadora ou de floculação em função da turbidez (uT) do rio Rio Jaguari (Bragança Paulista) no período de 26 de março de 2004 à 13 de março de 2008.

O reator R2 apresentou-se operacionalmente mais interessante por possibilitar, em função da qualidade de água bruta, a eliminação de decantadores, proporcionando sistemas e unidades de tratamento mais compactas e de baixo custo, redução de consumo de energia, maior tempo de operação em função da baixa velocidade de colmatação e perda de carga, facilidade na limpeza, redução de descargas e lavagens e unidades transportáveis, o que viabiliza econômica e operacionalmente a sua aplicação em pequenas comunidades; e uma real contribuição na otimização de estações de tratamento de água, eventualmente com problemas nos sistemas de floculação e/ou decantação e na realização de projetos mais eficientes e econômicos.

CONCLUSÕES

Com base nos trabalhos realizados pode ser concluir que:

- O reator R2 (floculação hidráulica em meios fixos sintéticos e recicláveis) até a taxa de trabalho de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ apresentou melhor eficiência na remoção de turbidez do que a do efluente do decantador da ETA (floculação mecânica tipo paleta).
- O reator R2, para amostras no tempo de sedimentação (T_s) de 7 minutos e com velocidade de sedimentação de 1 cm/min apresentou resultados semelhantes de eficiência de remoção percentual de turbidez (uT) e cor (uC) que as amostras de decantadas da ETA;
- Os valores médios de remoção de turbidez e cor do efluente do R2 filtrado no tempo de sedimentação de 0 minutos e 7 minutos apresentaram eficiências semelhantes, sendo mais interessante operacionalmente a a filtração direta do efluente, sem sedimentação;
- O reator R2 apresentou maior eficiência de porcentagem de remoção de turbidez do efluente filtrado no tempo de sedimentação (T_s) de 7 min; e resultados iguais para de remoção de cor aparente para o efluente do R2 filtrado no tempo de sedimentação (T_s) de 7 min;

RECOMENDAÇÕES

Realizar trabalho de aplicação de malhas e esferas em um sistema de floculação seguido de filtro rápido de areia para verificação da otimização do processo na realização de projetos mais eficientes e econômicos; Controle das dosagens ótimas de produtos químicos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DALSASSO, L.. R. Estudo de diferentes materiais para floculação em meio granular, precedendo a filtração rápida descendente no tratamento de água para abastecimento. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, SC: [s.n.], 2005;
2. DI BERNARDO, L. (coordenador). Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003, 498 p.:il. Projeto PROSAB;
3. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. São Carlos: RIMA, v.1, 2005. 792 p.;
4. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. São Carlos: RIMA, v.2, 2005. 792 p.;
5. FERNANDES, N. M. G. Influência do pH de coagulação e dosagem de sulfato de alumínio na remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta descendente. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Distrito Federal, 2007;
6. RAMOS, O. R. Desempenho de reatores hidráulicos de floculação em regime de escoamento laminar no trecho de transição. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP: [s.n.], 2000.
7. RICHTER, C. A. e AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento de Água - Tecnologia atualizada. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 4ª reimpressão 2002, 1991, 332p.
8. RICHTER, C. A.; MOREIRA, R.B. Floculadores de pedra: experiências em filtro piloto. Engenharia, São Paulo, n. 435, 1982.
9. RICHTER, C. A. Uso de telas em estações de tratamento. Revista DAE, v. 45, n. 143, Dezembro de 1985.
10. RICHTER, C. A. Sistemas de floculação acelerada. Revista DAE, v. 46, n. 145, Junho de 1986.