



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

I-001 - INFLUÊNCIA DO TIPO DE COAGULANTE NA VIABILIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA POR FILTRAÇÃO DIRETA DESCENDENTE

Eliane Prado Cunha Costa Santos⁽¹⁾

Engenheira Civil e aluna do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG

Ana Raquel Teixeira

Engenheira Civil e aluna do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG

Cristina Poggiali Almeida

Acadêmica de 4º ano de Ciências Biológicas e Bolsista de Iniciação Científica da Fapemig

Marcelo Libânio

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Sanitária (UFMG), Doutor em Hidráulica e Saneamento (USP) e Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG

Valter Lúcio de Pádua

Engenheiro Civil (UFMG), Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento (USP) e Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr. Juvenal dos Santos, 222/404 - Luxemburgo - Belo Horizonte - MG - CEP 30.380-530 - Brasil -
Tel: (31) 3297-5406 –  lilial2000@yahoo.com.br

RESUMO

Na avaliação da eficiência de um coagulante, deve-se levar em consideração suas características e o seu desempenho no tratamento da água. A escolha inadequada de um coagulante pode ocasionar problemas no desempenho da coagulação, nos resíduos gerados e na qualidade final da água. No presente trabalho fez-se uma comparação do desempenho dos coagulantes cloreto férrico, sulfato de alumínio, sulfato férrico e hidróxi-cloreto de alumínio, isoladamente ou combinados com polímeros catiônicos, na redução da cor aparente e da turbidez de água eutrofizada, visando ao tratamento por filtração direta descendente. Foram realizados ensaios em *jar test*, incorporando ao mesmo pequenos filtros em PVC com areia, para reproduzir a filtração direta. O estudo de tratabilidade foi realizado com água afluyente a uma ETA que trata em média 1.000 L/s por meio da filtração direta descendente. O fitoplâncton do manancial já havia sido caracterizado, em estudo anterior, pela presença predominantemente de *Aphanothece clathrata*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Coelosphaerium* sp., *Oscillatoria* spp. e *Microcystis* spp. Atualmente a coagulação na ETA é precedida da cloração e feita com sulfato de alumínio com dosagens da ordem de 17 mg/L, sem ajuste do pH de coagulação. Essa dosagem de coagulante é relativamente alta para a tecnologia de filtração direta e tem contribuído para que as carreiras de filtração sejam curtas, na ordem de 16 horas. É neste contexto que o presente trabalho foi desenvolvido, objetivando avaliar se o ajuste do pH de coagulação, a escolha do tipo de coagulante e o emprego de polímero possibilitariam reduzir a dosagem de coagulante a valores mais compatíveis com o recomendado para a utilização da filtração direta descendente. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que, dentre os coagulantes estudados, o hidróxi-cloreto de alumínio foi o que possibilitou os melhores resultados em termos de redução dos valores de turbidez e cor aparente da água bruta, com dosagens compatíveis com as recomendadas para o emprego da filtração direta descendente.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Água, Filtração Direta, Coagulação, Coagulante, Eutrofização.

INTRODUÇÃO

As estações de tratamento de água (ETA) por tecnologia de filtração direta têm custos de construção e de operação menores do que as estações de tratamento de ciclo completo (ou de tratamento convencional). Por outro lado, a tecnologia de filtração direta é mais indicada para águas com valores de cor e turbidez relativamente baixos. Estudos recentes, entretanto, indicam que a faixa de aplicação da filtração direta, em termos de qualidade da água bruta, pode ser ampliada com o emprego da dupla filtração.

Os parâmetros de turbidez e de cor verdadeira são freqüentemente utilizados como referência para estabelecer o limite de aplicação da filtração direta descendente. Não obstante, outros parâmetros devem ser avaliados conjuntamente, tais como concentração de células de algas, carbono orgânico total e distribuição do tamanho de partículas. Em vista disso, alguns autores sugerem limites de aplicação da filtração direta de acordo com a dosagem de coagulante necessária ao tratamento.

WAGNER *et al.* (1982) afirmam que quanto maior a dosagem de coagulante, maior será o volume dos flocos que se depositam sobre os filtros, provocando mais rapidamente sua colmatação. Dessa constatação inferem que uma dosagem baixa de coagulante aumenta a chance de sucesso do tratamento da água por filtração direta. Assim sendo, quando a dosagem requerida é menor que 6 mg/L, a água em geral é adequada para filtração direta. Já as águas que exigem dosagens de coagulante entre 6 mg/L e 15 mg/L, estão numa faixa intermediária e a tecnologia de tratamento por filtração direta deve ser avaliada caso a caso. Finalmente, se a dosagem de coagulante utilizada superar 20 mg/L, o uso da filtração direta é questionável, a menos que se preveja o emprego da dupla filtração.

Apesar de valores de cor aparente e turbidez relativamente baixos de água bruta apresentarem potencial para o emprego da filtração direta, os resultados podem não ser satisfatórios quando há concentração elevada de algas, as quais podem causar sérios problemas no tratamento da água, tais como alteração do pH de coagulação, colmatação rápida do meio filtrante e liberação de toxinas prejudiciais à saúde humana. Uma das causas mais comuns de florescimentos algais tem sido a fertilização de rios, lagos e represas, gerada por atividades antrópicas. Problemas causados pela presença de toxinas de algas na água bruta têm ocorrido em várias regiões do Brasil. Pode-se citar, dentre outros, o caso de Caruaru (PE), onde a água contaminada utilizada em tratamento de hemodiálise provocou a morte de pacientes; Alfenas (MG), onde, segundo JARDIM (1999), o elevado número de células/mL de *C. raciborskii* encontrado na água bruta e a detecção de células da mesma espécie na água tratada fizeram com que a companhia de saneamento decidisse suspender o fornecimento da água da ETA para a clínica de hemodiálise da Santa Casa local.

Tentando viabilizar a filtração direta por meio da redução da dosagem de coagulante, vêm sendo realizados diversos estudos, os quais examinam várias alternativas, tais como: a utilização de polímeros, a pré-oxidação da água e a substituição do coagulante, determinando-se as dosagens dos produtos químicos e o pH de coagulação adequado para a água que estiver sendo estudada. Inicialmente os ensaios são realizados em escala de bancada, devendo-se, sempre que possível, passar para escala piloto antes de fazer a aplicação na ETA em escala real.

EDZWALD *et al.* (1987), analisaram os efeitos de algumas variáveis (qualidade da água bruta, tipos de produtos químicos e características físicas dos filtros) no desempenho da filtração direta. Eles concluíram que a filtração direta, quando se utiliza polímeros catiônicos como coagulante, é factível para tratamento de águas com turbidez menor que 6,5 uT e com concentração de TOC (carbono orgânico total) menor que 5 mg/L. Já águas com concentrações de TOC maior que 5 mg/L exigem dosagens muito elevadas de polímeros catiônicos, o que aumenta as concentrações de TOC e THM (trialometanos), afetando sua qualidade final.

PETRUŠEVSKI *et al.* (1987), examinaram a influência do meio de cultivo de algas na filtração direta. Observaram que a penetração das algas no leito filtrante é conseqüência do tamanhos das algas e da eficiência do coagulante utilizado para aglomeração durante a coagulação. A aplicação de oxidante (ozônio e permanganato de potássio) antes da coagulação melhorou a eficiência da filtração direta. Com o emprego do peróxido de hidrogênio a remoção de algas não foi eficiente para as condições investigadas.

EIKEBROKK (1999), testando vários tipos de coagulantes em estudo em escala piloto, com o objetivo de otimizar o processo de coagulação para filtração direta de água com concentrações de substâncias húmicas menores ou iguais a 4,5 NPOC/L (matéria orgânica não purgável por litro) e alcalinidade menor ou igual a 0,3 mmol/L, inferiu que tanto o desempenho do hidróxi-cloreto de alumínio quanto o do cloreto férrico foram melhores do que o desempenho do sulfato de alumínio, quer em termos de dosagem requerida, quer em amplitude da faixa de pH (4,5 a 7,5). Com o uso de quitosana (polímero catiônico produzido de crostas de certos crustáceos) obtiveram-se bons resultados de redução de cor.

NDIONGUE *et al.* (2000) realizaram ensaios em equipamentos de *jar test*, com o objetivo de comparar o desempenho de coagulantes no tratamento, por filtração direta, de água com turbidez menor ou igual a 2,5 uT e carbono orgânico dissolvido menor ou igual a 2,58 mg C/L. Foram estudados o poli alumínio silicato sulfato (PASS100 e PASS55) e o hidróxi-cloreto de alumínio (PACl), o sulfato de alumínio, o sulfato férrico pré-hidrolisado e o cloreto férrico. Todos os coagulantes utilizados foram capazes de abaixar a turbidez. Entre aqueles à base de alumínio, o PACl pareceu ser o mais efetivo, enquanto, dentre aqueles à base de ferro, o cloreto férrico foi o melhor. Embora as dosagens do sulfato de alumínio fossem 1,2 mg Al^{+3} /L mais altas do que as dos outros coagulantes à base de alumínio, ele ofereceu uma vantagem comercial sobre os mesmos por causa de seu baixo custo. Quando a turbidez de 0,1 uT foi alcançada, a quantidade de carbono orgânico dissolvido removido era baixa. A melhor taxa de remoção, que foi de 23%, foi obtida com cloreto férrico.

BARKÁCS *et al.* (2000) estudaram a aplicabilidade de um coagulante inorgânico, do tipo poli alumínio, em comparação à poli acrilamida, um coagulante orgânico usado em processos de tratamento de água. A eficiência desse coagulante inorgânico na remoção de sólidos suspensos e também na minimização de concentrações residuais dos micro-poluidores dissolvidos orgânicos e inorgânicos foi constatada no caso do tratamento da água de lavagem de filtros. Dados obtidos em experiências mostraram a vantagem do procedimento de aplicação do coagulante inorgânico no tratamento de água. O sal de poli alumínio empregado foi economicamente competitivo, favorecendo as condições do tratamento e assegurando a qualidade final da água.

BARBOSA *et al.* (2003), fizeram um estudo comparando a aplicação do coagulante hidróxi-cloreto de alumínio em substituição à utilização do coagulante cloreto férrico em uma unidade de tratamento por filtração direta. Observaram que não houve significativa diferença nos resultados de redução de turbidez na utilização dos dois coagulantes. Quando o hidróxi-cloreto de alumínio foi utilizado, não se constatou a presença de alumínio residual na água tratada, mas quando o cloreto férrico foi utilizado, constatou-se a presença de ferro residual. Com a utilização contínua do hidróxi-cloreto de alumínio na unidade, foram confirmados os resultados dos testes mencionados, além de se obter um melhor desempenho com relação aos percentuais de remoção de fitoplâncton, que se mantiveram na ordem de 90%.

AVELINO *et al.* (2003), investigaram a influência das concentrações dos coagulantes hidróxi-cloreto de alumínio e sulfato de alumínio e da qualidade do solvente na eficiência do processo de coagulação visando o tratamento por filtração direta descendente. O hidróxi-cloreto apresentou melhores resultados para redução de turbidez. Já a concentração de cada coagulante em função da dosagem não influenciou nos resultados obtidos.

Como pode ser observado, o estudo do desempenho de coagulantes tem sido objeto de muitas pesquisas e a grande variedade de resultados obtidos reforça a importância de sua realização.

No presente trabalho está se fazendo um estudo de tratabilidade da água afluenta a uma ETA localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, realizando-se ensaios em escala de bancada.

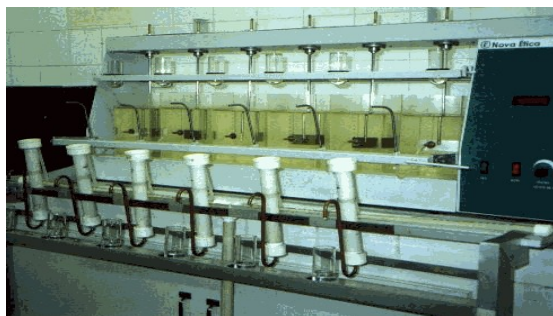
A ETA emprega a tecnologia por filtração direta com pré-cloração e usa como coagulante primário o sulfato de alumínio, produzindo uma vazão média em torno de 1.000 L/s.

A Represa de onde se coleta a água para tratar é preservada em certas áreas, sendo aí proibidos o lazer e a construção de moradias. Em outros lugares, é usada para esses fins. O fitoplâncton do manancial já foi caracterizado, em estudo anterior, pela presença de *Aphanothece clathrata*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Coelosphaerium* sp., *Oscillatoria* spp. e *Microcystis* spp. na água bruta do sistema. A presença de algas na água a ser tratada exige controle maior no tratamento, principalmente no período de floração, quando, além da interferência no pH, ocorre muitas vezes aumento da turbidez e da cor da água, podendo reduzir a duração das carreiras de filtração e exigir alterações nos procedimentos operacionais da ETA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de tratabilidade foi realizado em ensaio de bancada, utilizando-se o equipamento de *jar test* (figura 1), ao qual foram adaptados seis filtros em tubo de PVC diâmetro de ½" e quinze centímetros de comprimento, contendo areia para simular o tratamento por filtração direta.

Figura 1: Equipamento de *jar test* com filtros fixados.



A escolha da areia utilizada nos filtros fixados ao *jar test* foi feita por meio de ensaios, utilizando a água coagulada da estação, coletada em um dos filtros da ETA, por meio de um sifão. Após a escorva do sifão, uma de suas extremidades foi colocada no referido filtro e a outra extremidade foi colocada em um canaleta que distribuiu a água para os três filtros em PVC do experimento (os mesmos que foram utilizados nos ensaios de bancada fixados ao *jar test*). Foram testados dois tipos de areia, com as granulometrias 0,59mm e 0,42mm. Para a escolha da areia, fez-se uma comparação, em termos de turbidez, entre a água filtrada da ETA e a água filtrada nos filtros do experimento. A areia cujos resultados mais se aproximaram do filtro da ETA foi a escolhida; no caso, a areia que ficou retida na peneira 0,59mm.

A água bruta utilizada nos ensaios de *jar test* era coletada sempre no dia anterior à realização de cada série de ensaios, sendo caracterizadas em termos de pH, alcalinidade, cor aparente e turbidez. Foram testados os seguintes coagulantes: sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico e hidróxi-cloreto de alumínio, isoladamente ou combinados com polímeros catiônicos, cujas características estão indicadas na figura 2. Nos ensaios, o pH de coagulação era ajustado utilizando-se ácido clorídrico a 0,1M. O gradiente de velocidade médio e o tempo de mistura rápida foram de $1.000s^{-1}$ e 10s, respectivamente, exceto para os ensaios realizados com polímeros em que o tempo médio foi de 20s. Após a mistura rápida, a água era filtrada por 10min, coletando-se em seguida as amostras para determinação dos valores de pH, cor aparente e turbidez remanescentes.

Figura 2: Características dos coagulantes.

Coagulante	Teor de sólidos (%)	Al ₂ O ₃ ou Fe (%)	Densidade (g/cm ³)
Sulfato de alumínio líquido	53,72	7,50 (mín.)	—
Cloreto férrico	56,92	13,75 (total)	1,422 (20 a 24°C)
Sulfato férrico	49,10	8,55	1,424 (20 a 24°C)
PACl (10,4% Al ₂ O ₃)	47,00	10,60	1,29 a 25° C
PACl (10,6% Al ₂ O ₃)	43,40	10,40	1,28 a 25° C
Polímero 1	50,00	—	1,0
Polímero 2	50,00	—	1,2

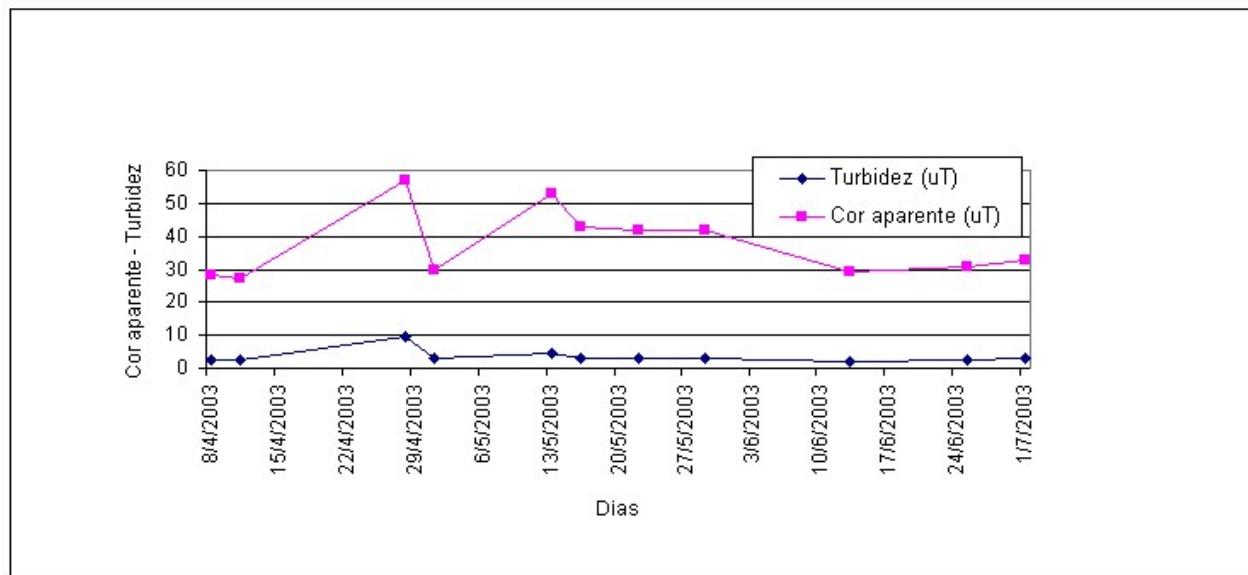
Os aparelhos utilizados para medição nos ensaios foram os seguintes: turbidímetro modelo 2100N, marca HACH; espectrofotômetro modelo DR/2000, marca HACH; pH-metro Quimis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos ensaios em bancada foram testados cinco tipos de coagulantes, variando-se a dosagem do coagulante e o pH da água. Para cada ensaio foi feita a caracterização da água bruta, observando-se que os valores de pH e de alcalinidade total quase não variaram, tendo como valores médios 7,5 e 49 mg CaCO₃/L, respectivamente.

Durante os ensaios (conforme figura 3) houve dois picos de cor aparente, acompanhados por picos de turbidez, sendo que o primeiro destes ocorreu no final do mês de abril e o segundo no mês de maio, coincidindo ambos com o período em ocorre a floração das algas.

Figura 3: Gráficos de turbidez e cor aparente da água bruta.

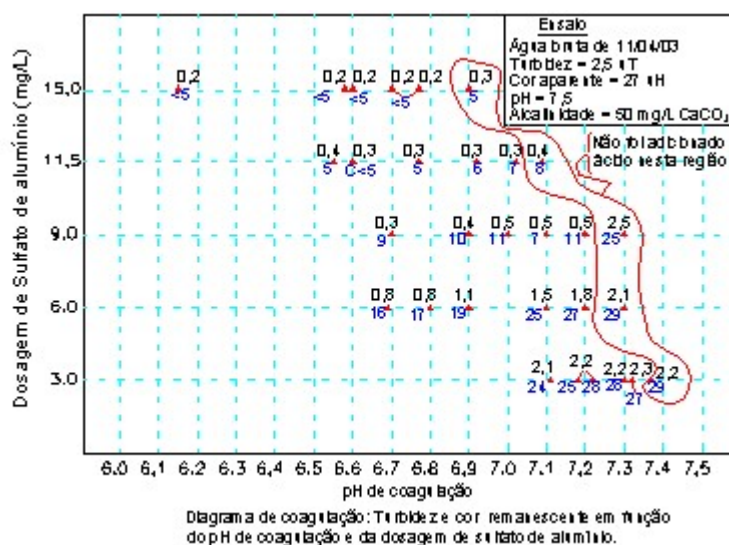


Apresentam-se, nas figuras 4 a 8, os diagramas de coagulação de sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico e hidróxi-cloreto de alumínio. Nos diagramas, os números superiores referem-se aos resultados de turbidez e os inferiores à cor aparente remanescente.

Como pode ser observado no diagrama de coagulação do sulfato de alumínio (figura 4), que é o coagulante utilizado na ETA atualmente, quando foi adicionado ácido para baixar o pH (conforme indicado no diagrama), as dosagens necessárias para se obter uma boa coagulação foram menores (9 mg/L) do que as utilizadas hoje na ETA, que chegam a 17 mg/L. Com dosagens de sulfato de alumínio próximas às indicadas pela bibliografia para emprego da tecnologia de filtração direta (9 mg/L de sulfato de alumínio), obteve-se resultados de turbidez e cor aparente de acordo com os valores permitidos pela Portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde do Brasil, a qual estabelece o padrão de potabilidade em âmbito nacional, sugerindo que os valores de cor e turbidez podem ser reduzidos ainda mais fazendo-se uso de um auxiliar de coagulação, visando alcançar uma turbidez inferior a 0,5 uT, com o objetivo de assegurar maior eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp., o que é recomendado pela mencionada Portaria.

Nos testes realizados utilizando-se ácido variando de 2 a 4 mL, sulfato de alumínio (6 mg/L) e polímeros variando de 0,1 a 1,0 mg/L, os resultados obtidos pelo polímero 1 foram melhores do que o polímero 2. Com dosagens de 0,5 mg/L do polímero 1 foram alcançados valores de cor aparente e turbidez remanescentes de 10 uH e 0,3 uT respectivamente.

Figura 4: Diagrama de coagulação: pH × dosagem de sulfato de alumínio.



Os coagulantes a base de ferro, pelos ensaios realizados (figuras 5 e 6), também poderiam ser utilizados para a

tecnologia de filtração direta da água estudada. Com dosagens próximas a 8 mg/L e ácido para reduzir o pH a valores = 7,0 obtiveram-se valores de turbidez inferiores a 0,5 uT e de cor aparente inferiores a 10 uH. Porém, testes realizados anteriormente na ETA mostraram que a duração da carreira de filtração foi reduzida ao ponto de inviabilizar seu uso em escala real.

Figura 5: Diagrama de coagulação: pH × dosagem de cloreto férrico.

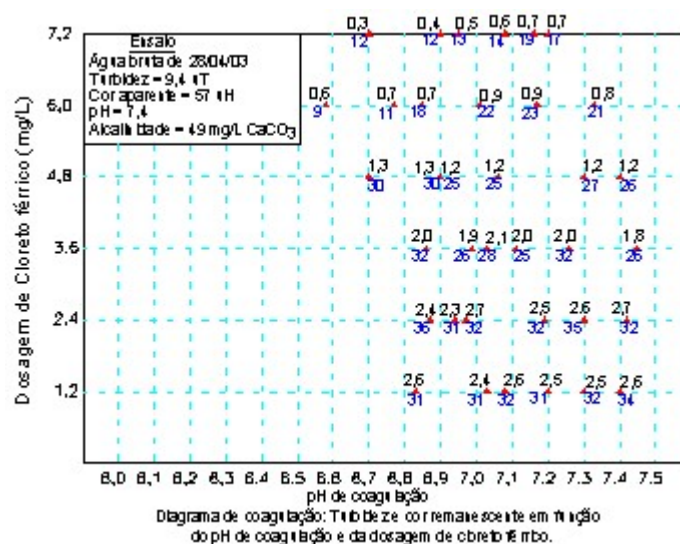
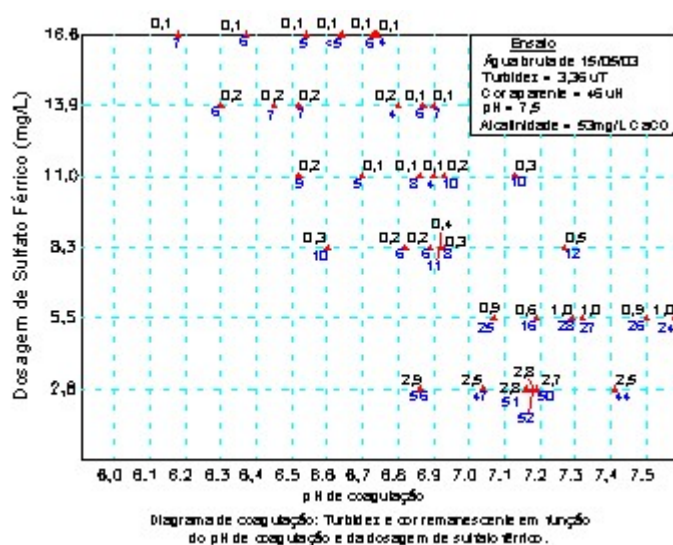


Figura 6: Diagrama de coagulação: pH × dosagem de sulfato férrico.



Os coagulantes hidróxi-cloretos de alumínio (figuras 7 e 8), foram os que apresentaram melhores resultados de redução de cor aparente e turbidez, com ou sem adição de ácido para alterar o pH. Dosagens a partir de 3 mg/L forneceram valores de turbidez inferiores a 0,5 uT e de cor aparente menor ou igual a 10 uH, ou seja, valores indicados para a filtração direta e que potencialmente asseguram maior eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp., o que é recomendado pela Portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde do Brasil.

Figura 7: Diagrama de coagulação: pH × dosagem de hidróxi-cloreto de alumínio.

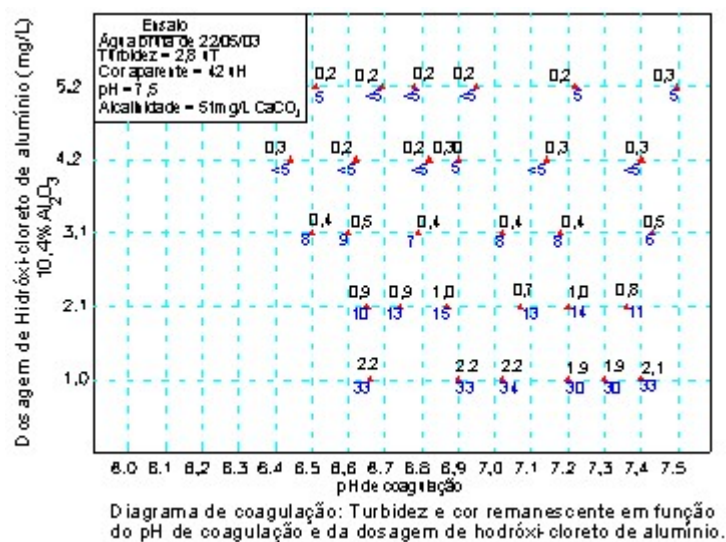
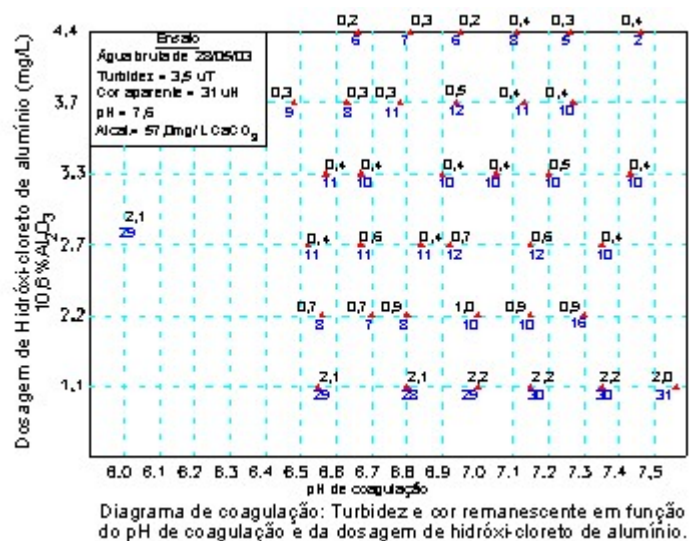


Figura 8: Diagrama de coagulação: pH × dosagem de hidróxi-cloreto de alumínio.



Comparando o cloreto férrico e o sulfato férrico (figuras 9 e 10), os resultados de redução de cor aparente e turbidez para o cloreto férrico foram ligeiramente melhores do que para o sulfato férrico.

Figura 9: Dosagem de coagulante × cor aparente remanescente entre dois coagulantes.

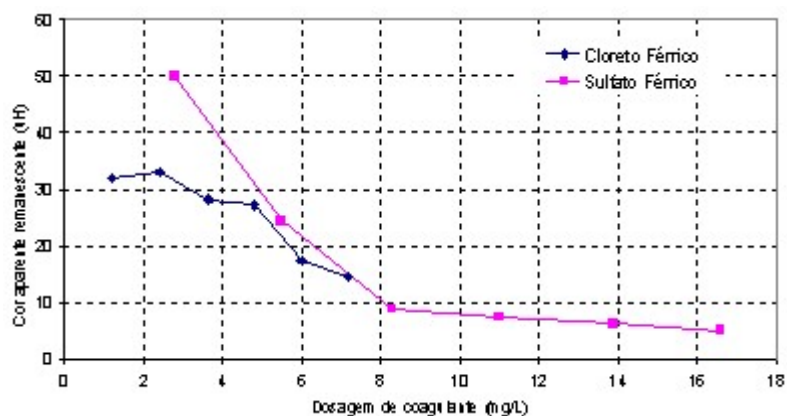
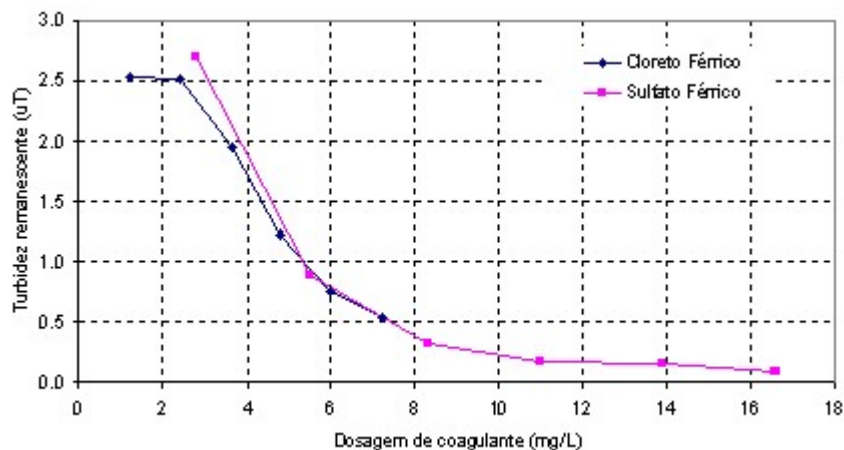


Figura 10: Dosagem de coagulante × turbidez remanescente entre dois coagulantes.



Nos gráficos das figuras 11 e 12 foram comparados os três coagulantes a base de alumínio. As dosagens inferiores a 5 mg/L dos dois hidróxi-cloretos resultaram em valores de cor aparente e turbidez inferiores a 10 uH e 0,5 uT, respectivamente. As baixas dosagens dos hidróxi-cloretos de alumínio podem contribuir para prolongar a duração da carreira de filtração, aumentar a produção efetiva de água e reduzir os custos operacionais da ETA.

Figura 11: Dosagem de coagulante × cor aparente remanescente entre três coagulantes.

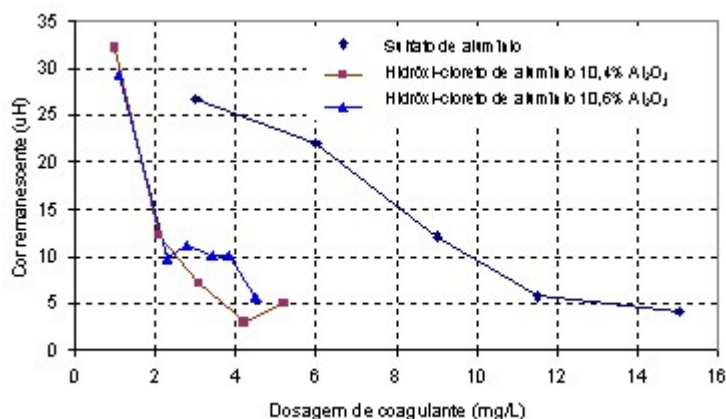
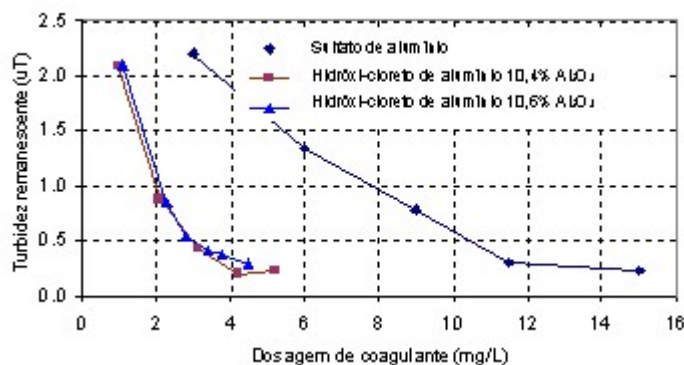


Figura 12: Dosagem de coagulante × turbidez remanescente entre três coagulantes.



Conclusões e recomendações

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que dentre os coagulantes estudados os hidróxi-cloreto de alumínio foram os que possibilitaram os melhores resultados em termos de redução dos valores de turbidez e cor aparente da água bruta com dosagens compatíveis com as recomendadas para o emprego da filtração direta descendente. Mantendo-se o coagulante atualmente usado na ETA, o ajuste do pH de coagulação e a utilização de polímero viabilizaria o tratamento sem a necessidade de pré-oxidação da água bruta. Assim, os resultados obtidos por meio do estudo de tratabilidade indicam que há possibilidade de eliminar os problemas associados à formação de subprodutos indesejados da pré-oxidação e reduzir o consumo de coagulante na ETA em escala real, diminuindo-se os custos operacionais pelo aumento da duração das carreiras de filtração, pela redução do gasto com produtos químicos e pela menor geração de lodo. Recomenda-se que antes da aplicação dos resultados em escala real sejam feitos estudos em escala piloto para confirmação do que foi observado nos ensaios de bancada.

Diante dos estudos realizados, recomenda-se que antes de se decidir em mudar a tecnologia de tratamento não convencional, no caso, filtração direta para tratamento de ciclo completo, deve-se efetuar estudos como os do presente trabalho, que são relativamente simples e contribuem para esta decisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AVELINO, F. F, NUNES, L. M. S., REBOUÇAS, G. P., PÁDUA, V. L. (2003). Influência da concentração do coagulante e da qualidade do solvente na coagulação visando o tratamento de água por filtração direta. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
2. BARBOSA, A. B. D., MESSIVAL, J. M., BAYLÃO, T. W. S. (2003). Emprego do hidróxi-cloreto de alumínio em uma estação de filtração direta com água proveniente de manancial em processo de eutrofização. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
3. BARKÁCS, K., BOHUSS, I., BUKOVSKY, A., VARGA, I., ZÁRAY, G. (2000). Comparison of polyelectrolytes applied in drinking water treatment. Microchemical Journal 67 271–277
4. DI BERNARDO, L. (1995). Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
5. DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A., CENTURIONE FILHO, P. L. (2002). Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Paulo. RiMa Editora, pp. 85.
6. EIKEBROKK, B. (1999). Coagulation-direct filtration of soft, low alkalinity humic waters. Wat. Sci. Tech., Vol. 40, No. 9, pp. 55 – 62.
7. EZWALD, J. K., BECKER, W. C., TAMBINI, S. J. (1987). Organics, polymers and performance in direct filtration. Journal of Environmental Engineering, Vol. 113, No., February, 1987, pp. 167 – 185.
8. JARDIM, A. F. (1999). Implantação e realização de análises de cianotoxinas com avaliação do potencial tóxico em estações de tratamento da COPASA-MG. Escola de Engenharia, Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, pp. 3, 4 e 49.
9. NDIONGUE, S., DESJARDINS, R., PRÉVOST, M. (2000). The use of jar-filtration tests to compare performances of coagulants in direct filtration. Environmental Technology, Vol. 21, pp 67-76.
10. PETRUŠEVSKI, B., VLAŠKI, A., VAN BREEMAN, A. N., ALAERTS, G. J. (1993). Influence of algal species and cultivation conditions on algal removal in direct filtration. Wat. Sci. Tech., Vol. 27, No. 11, pp. 211 – 220.
11. ROUT, VERMA, AGARWAL. (1999). Polyelectrolyte treatment – an approach for water quality improvement, Wat. Sci. Tech., Vol. 40, pp. 137–141.
12. JIANG, J. Q., GRAHAM, N. J. D. (1998). Preliminary evaluation of the performance of new pre-polymerised inorganic coagulants for lowland surface water treatment, Wat. Sci. Tech., Vol. 37, pp. 121–128.
13. WAGNER, E. G., HUDSON JR., H. E. (1982). Low-dosage high-rate direct filtration. Journal AWWA, May 1982, p. 256.