

II-1233 - USO DA FILTRAÇÃO DIRETA DESCENDENTE COMO TRATAMENTO TERCIÁRIO DE ESGOTO SANITÁRIO PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO

Marília Vasconcellos Agnesini⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade de São Paulo (EEL-USP). Mestre e Doutora pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Docente e pesquisadora do curso de Engenharia Química e da pós-graduação em Tecnologia Ambiental da UNAERP.

Murilo Daniel de Mello Innocentini⁽²⁾

Engenheiro químico pela UFSCar, com mestrado e doutorado em Controle Ambiental e pós-doutorado em escoamento de fluidos em materiais cerâmicos refratários. Professor e orientador no Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da UNAERP e professor no curso de Engenharia Química da UNAERP.

Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato⁽³⁾

Engenheira Química, Mestre e Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) e docente no curso de Engenharia Química e da pós-graduação em Tecnologia Ambiental da UNAERP.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Costábile Romano nº 2201, Bloco D – Ribeirânia – Ribeirão Preto – SP – CEP: 14096-900 – Brasil – Telefone: (16) 3603-6784, (16)993037006 – e-mail: marilia.agnesini@gmail.com, magnesini@unaerp.br.

RESUMO

Os efluentes domésticos são descartados diariamente nos corpos d'água após a estação de tratamento de esgoto (ETE), após tratamentos físicos e biológicos. A proposta do tratamento terciário dos efluentes de ETE, com fins de reúso, se despontam como alternativa no gerenciamento hídrico. O fato de reutilizar parte do efluente secundário traz inúmeras vantagens, podendo destacar: diminuição da carga lançada nos rios, o que aumenta a qualidade dos rios e a substituição de água potável, para fins menos nobres. Dentre inúmeros processos que podem ser utilizados para o tratamento terciário de efluente de ETE com vista ao reúso, sabe-se que em países como Brasil, o custo é fator fundamental. Assim, é necessário investigar tecnologias de baixo custo e de fácil aplicação. Este estudo utilizou uma tecnologia amplamente utilizada no tratamento de água de abastecimento, a filtração direta descendente (FDD), que requer água bruta com turbidez e cor aparente baixas. Notou-se que, o efluente de esgoto tratado, que já é submetido ao tratamento secundário em reator biológico aerado, por muitas vezes, apresenta características passíveis de aplicação dessa tecnologia. Assim, o objetivo deste trabalho foi promover um tratamento terciário com a aplicação da tecnologia de filtração direta descendente para a produção de água de reúso, para fins não potáveis. O trabalho experimental foi desenvolvido nas dependências de uma ETE, com uso de uma unidade piloto, a partir de resultados de caracterização do efluente secundário, que permitiam o uso da FDD. Foram realizados ensaios na taxa de filtração de 120, 360 e 500 m³.m⁻².dia⁻¹ e com meio formado por areia praticamente uniforme, com grãos médios de 0,93 mm. Foram realizados ensaios com FDD (coagulação + filtração) e ensaios apenas com filtração, sem a etapa de coagulação. Durante os ensaios foram monitorados turbidez afluente e efluente do sistema e a carga hidráulica do sistema de filtração. Foi realizada a caracterização da água filtrada para análise da qualidade da água de reúso obtida. Os principais parâmetros de qualidade da água, selecionados segundo legislação do estado de São Paulo, Resolução Conjunta nº 1, do Estado de São Paulo de 2020. Os resultados mostram a importância da coagulação química, para a qualidade da água de reúso obtida. A filtração direta descendente aplicada como tratamento terciário do esgoto doméstico produziu água que pode ser utilizada para fins não potáveis, como por exemplo lavagem de pátios, equipamentos da ETE, entre outros. Destacam-se as elevadas remoções de *Escherichia Coli*, o que influencia no processo de desinfecção após a filtração, que não foi abordada neste estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso não potável, Coagulação, Unidade piloto, Filtração em areia, coliformes.

INTRODUÇÃO

O reúso direto de água é majoritariamente um tema que merece destaque frente às ações que visam contribuir com o gerenciamento hídrico. A prática de reúso, aplicada ao tratamento a nível terciário dos efluentes de estações de tratamento de esgoto (ETE), apresenta vantagens, que vão desde a diminuição da geração do volume oriundo das ETE que são despejados nos corpos d'água e a menor volume de captação de água para o abastecimento público até a possibilidade do surgimento de economia circular nas indústrias e ETE. O efluente secundário que foi tratado por processos físicos e biológicos, pode apresentar características que viabilizam a produção de água residuária.

Em muitos países, como o Brasil, o custo da água é relevante, e aplicar tecnologias de baixo custo torna-se indispensável. Diante disso, este trabalho faz parte de uma linha de pesquisa que estuda o uso da filtração direta descendente (FDD) em efluentes com baixos valores de turbidez e cor. A tecnologia de FDD, amplamente aplicada no tratamento de água, envolve o processo de coagulação, seguido da filtração direta em meio granular. Na primeira etapa, os coagulantes adicionados, através do mecanismo de neutralização de cargas, viabilizam a formação dos flocos, aumentando a filtrabilidade e retenção das impurezas no meio filtração. Assim, na filtração, os espaços vazios intergranulares são ocupados pelas impurezas presentes na solução, até que ocorra a diminuição dos vazios, resultando no aumento da perda de carga do sistema. Dessa forma, o encerramento da carreira de filtração pode ocorrer quando o sistema atinge a carga hidráulica máxima ou quando as impurezas são carregadas para a saída do filtro. Em ambos os casos, os filtros devem ser lavados antes de entrarem em operação novamente. A lavagem dos filtros, geralmente, é feita utilizando água no sentido ascensional para promover a fluidização do meio granular.

Sabe-se que a filtração é uma operação unitária, de natureza física, que retém partículas por diferenças de tamanho, sendo retidas as impurezas maiores que o leito granular. A tecnologia de tratamento filtração direta preconiza a coagulação antes da filtração, para aumentar a filtrabilidade e eficiência na remoção de impurezas.

Nesse sentido, o trabalho tem o objetivo de demonstrar a importância do uso da filtração direta descendente na qualidade final da produção de água de reúso, ressaltando a relevância dos estudos referentes à produção de água residuária, com enfoque em reúso direto não potável.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) no município de Ribeirão Preto - São Paulo, cujo efluente secundário, após tratamento biológico em lodos ativados, apresentou características compatíveis com a tecnologia de filtração direta descendente. A está relacionada à qualidade da água afluente ao processo, sendo recomendado, por Di Bernardo et al. (2017), que a turbidez máxima seja de 25 uT e a concentração de sólidos suspensos totais de 50 mg/L.

Os ensaios foram realizados em uma unidade piloto (Figura 1), com coluna de 210 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Foi utilizado leito de areia uniforme, com diâmetro médio de 0,93 mm. Foram utilizadas taxas de 120, 360 e 500 m³/m².dia, com base nas recomendações de 200 a 600 m³/m².dia (DI BERNARDO, DANTAS e VOLTAN, 2017).

Para verificação da tecnologia da filtração direta descendente e do impacto na qualidade da água produzida, foram realizados ensaios: três com a tecnologia de FDD e três com a água afluente ao processo sendo filtrada diretamente, sem coagulação.

Amostras foram coletadas e analisadas para verificação dos parâmetros de qualidade, segundo a Resolução Conjunta entre a Secretaria de Estado da Saúde e de Infraestrutura e Meio Ambiente (SES/SIMA), número 1 (SÃO PAULO, 2020). Foram analisados: carbono orgânico total (COT), medido por combustão infravermelho; série de sólidos, medida por método gravimétrico; Escherichia Coli que foi quantificada por tubos múltiplos; turbidez, por leitura direta em turbidímetro; e cor aparente, medida em espectrofotômetro; todos métodos baseados em APHA et al., 2017.

O encerramento da carreira se dava por transpasse de turbidez, quando atingisse o valor máximo de 1,0 uT ou quando a carga hidráulica do sistema chegasse ao máximo.



Figura 1: Unidade piloto de filtração direta descendente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 está representado o monitoramento da turbidez da água filtrada, nas três taxas investigadas. Nela, são mostradas as comparações dos ensaios que foram realizados sem coagulação e com coagulação seguida da filtração direta descendente. Na Figura 3 também são mostradas variações do nível de água, que representam a carga hidráulica do sistema, nas mesmas condições experimentais.

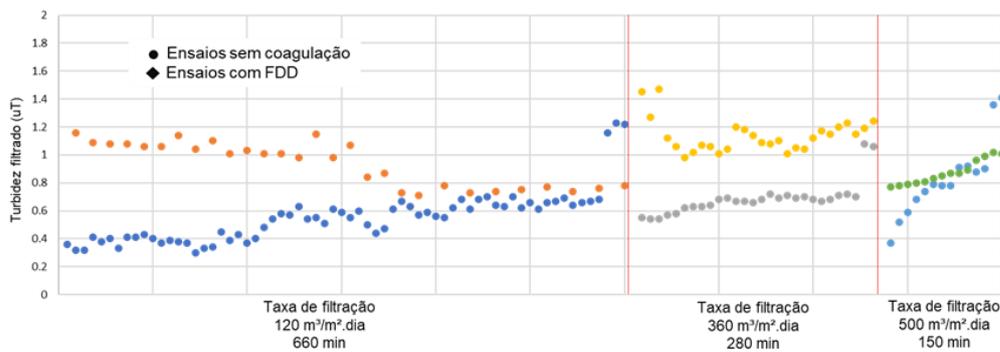


Figura 2: turbidez da água filtrada nas taxas de 120, 360 e 500 m³/m².dia

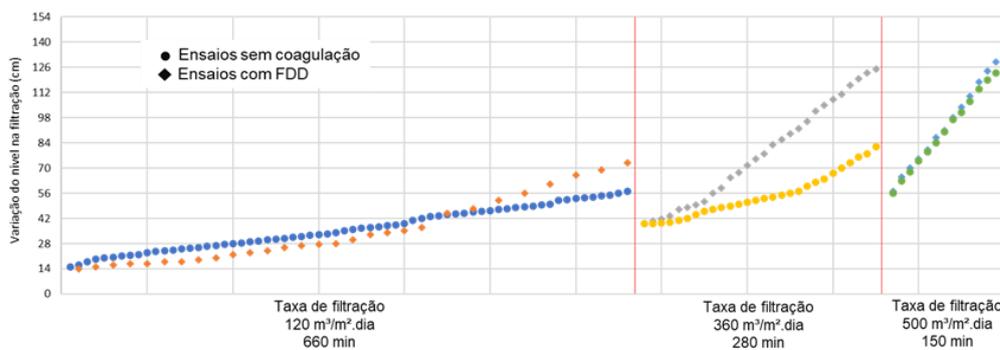


Figura 3: carga hidráulica no filtro nas taxas de 120, 360 e 500 m³/m².dia

Em relação à turbidez, nas condições dos ensaios em que foi aplicada a tecnologia de filtração direta descendente, as remoções foram maiores. De acordo com o limite estabelecido de 1,0 uT, os testes realizados na ausência de coagulação não apresentaram turbidez menor que esse parâmetro. Fica evidente que a quantidade de partículas retidas no filtro foi maior onde ocorreu o processo de coagulação, reiterando a importância deste processo para o tratamento da água, pois caso contrário, o filtro de areia realiza somente o mecanismo de coar, retendo partículas de impureza maiores que os grãos que compõe o filtro. A tecnologia de filtração direta envolve as etapas de coagulação e filtração, justamente para que na coagulação as partículas formem coágulos com o produto coagulante adicionado, aumentando a filtrabilidade.

Os resultados da Figura 3 mostram que o aumento da carga hidráulica do sistema é mais expressivo nos ensaios com aplicação da tecnologia de filtração direta descendente. Pois, como consequência da maior retenção das partículas, mostradas no gráfico de turbidez, gera maior resistência à passagem do filtrado, resultado do entupimento dos vazios intergranulares pelas impurezas retidas.

Em relação à qualidade da água produzida, os resultados estão mostrados nas Figuras 4 e 5, contendo as remoções de turbidez, carbono orgânico total (COT), *Escherichia coli* (E.coli) e série de sólidos, dos 6 ensaios realizados para a taxa de filtração de 360 m³/m².dia.

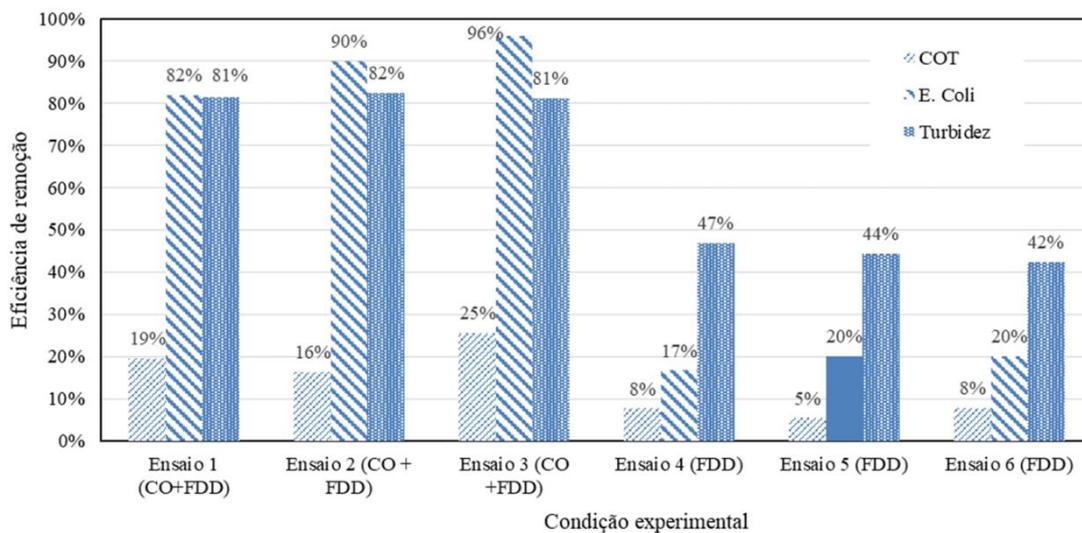


Figura 4: Remoções de carbono orgânico total (COT), *Escherichia coli* (E. coli) e turbidez dos ensaios realizados na taxa de filtração de 360 m³/m².dia

As análises dos resultados indicam que as remoções de COT, nas condições de coagulação e filtração, foram de 16 a 25%, frente a 5 a 8% das condições sem coagulação, tal parâmetro, apesar de não estar presente nas legislações e padrões, é um indicativo sobre a formação de subprodutos da desinfecção.

As elevadas remoções de *E. coli*, na condição experimental de tratamento com FDD, representam uma economia na etapa de desinfecção e na segurança da água, mesmo que seja para fins não potáveis. Em relação a série de sólidos, também houve maior remoção de sólidos suspensos, característica da tecnologia de filtração direta.

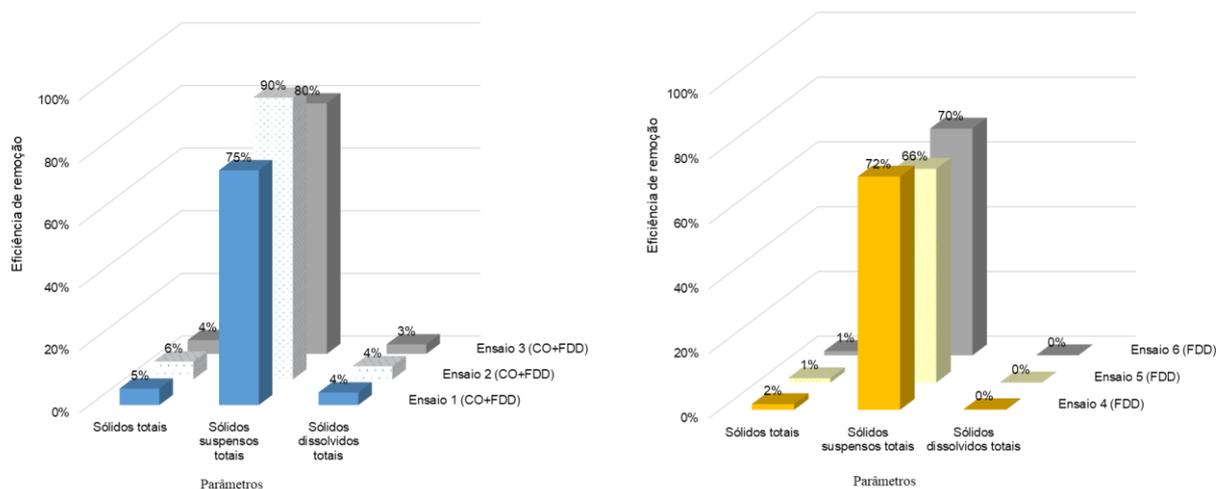


Figura 5: Remoções sólidos nos ensaios realizados na taxa de filtração de 360 m³/m².dia

CONCLUSÕES

Diante do exposto, concluiu-se a importância da coagulação durante a produção de água de reúso a partir de efluente secundário de estações de tratamento de esgoto doméstico. O trabalho traz a proposta do uso da filtração direta descendente, produzindo água com qualidade compatível com diversos usos diretos não potáveis. Vale ressaltar que, neste momento, ainda não foi utilizada a cloração, que é essencial para a segurança sanitária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGNESINI, M. V., Avaliação de um sistema piloto de filtração direta descendente para produção de água de reúso a partir de efluente de esgoto sanitário. Tese (doutorado) Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), 2020.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23th edition. Washington, USA, 2017.
3. CROOK, J. Critérios da qualidade da água para reúso. Revista DAE – SABESP. Número 174. 1993
4. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D; VOLTAN, P. E. N.. Métodos e Técnicas de Tratamento de água. 3ªed. São Carlos: LDiBe, 2017.
5. HESPANHOL, I.. A Inexorabilidade do reúso potável direto. Revista DAE Sabesp, 2015.
6. HESPANHOL, Ivanildo; RODRIGUES, Raphael; MIERZWA, José Carlos. Reúso potável direto - estudo de viabilidade técnica em unidade piloto. Revista DAE, n. 217, v. 67, 2019.
7. Marrengula FA, Innocentini MDM, Paschoalato CFPR, Agnesini MV, De Paula LR, Santos FRA. Sistema piloto de filtração direta descendente para obtenção de água de reúso. Revista DAE, v. 70, n 237, p 75-86, 2022.
8. SÃO PAULO. Resolução conjunta entre a Secretaria de Estado da Saúde e de Infraestrutura e Meio Ambiente número 1 de 13 de fevereiro de 2020.