

I-120 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL EM ETA DE CICLO COMPLETO NO TRATAMENTO DE ÁGUA SUPERFICIAL CONTAMINADA – ESTUDO DE CASO

Angela Di Bernardo Dantas⁽¹⁾

Engenheira Civil com Mestrado, Doutorado e Pós-doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP. Diretora da Hidrosan.

Luiz Di Bernardo

Professor Titular aposentado do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Diretor da Hidrosan.

Paulo Eduardo Nogueira Voltan

Engenheiro Civil com Mestrado e Doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Gerente de Projetos da Hidrosan.

Mirian Harumi Koyama

Engenheira Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Engenheira da Hidrosan.

Endereço⁽¹⁾: Av. São Carlos, 2205 salas 106/107 - Centro - São Carlos - SP - CEP: 13560-900 - Brasil - Tel: (16) 3371-3466 - e-mail: angela@hidrosanengenharia.com.br

RESUMO

O carbono orgânico total (COT) é considerado o parâmetro mais conveniente para quantificar o carbono orgânico presente nas águas, pois independe do estado de oxidação da matéria orgânica e não mede outros elementos ligados à cadeia dos compostos orgânicos tais como nitrogênio e hidrogênio, além de compostos inorgânicos que contribuem para a medida pela DBO, DQO e oxigênio consumido. A remoção de COT indica indiretamente a remoção de possíveis microcontaminantes orgânicos, incluindo os que se encontram em águas residuárias domésticas e industriais tratadas ou “in natura”, substâncias húmicas, agrotóxicos, hormônios, fármacos, microalgas e cianobactérias, cianotoxinas, vírus, bactérias, protozoários, subprodutos orgânicos halogenados, extremamente tóxicos ao ser humano. O padrão de potabilidade (Portaria 2914/2011) não estabelece valor máximo permitido para este parâmetro. No presente trabalho é apresentado um estudo de caso de ETA de ciclo completo de abastecimento público. Os resultados mostram que a concentração de carbono orgânico total apresentou tendência de queda ao longo do tratamento. Entretanto, os valores finais na água tratada resultaram muito elevados, mesmo com a produção de água filtrada com turbidez e cor aparente em conformidade com a Portaria 2914, e servem de alerta para que os responsáveis pela operação dos sistemas de abastecimento de serviços de água complementem os tratamentos das ETAs em ciclo completo que tratam água de mananciais contaminados com o uso de carvão ativado, processos oxidativos avançados e/ou membranas, para melhoria da qualidade da água distribuída e redução dos riscos à saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Carbono orgânico total, tratamento de água, ETA ciclo completo, Portaria 2914.

INTRODUÇÃO

O carbono orgânico (CO) em água é composto por uma variedade de compostos orgânicos em vários estados de oxidação, sendo que alguns deles podem ser ainda oxidados por processos biológicos ou químicos. O carbono orgânico total (COT) é considerado o parâmetro mais conveniente para quantificar o CO presente nas águas, pois independe do estado de oxidação da matéria orgânica e não mede outros elementos ligados à cadeia dos compostos orgânicos tais como nitrogênio e hidrogênio, além de compostos inorgânicos que contribuem para a medida pela DBO, DQO e oxigênio consumido.

A presença de contaminantes orgânicos na água pode servir como nutriente para o crescimento indesejável de microrganismos, contribuir para a formação de compostos orgânicos halogenados ou até mesmo inviabilizar o processo de tratamento. Esse fato foi agravado no Brasil em alguns cursos de água que recebem aportes de esgotos domésticos e efluentes industriais não tratados, por ocasião da estiagem prolongada durante o ano de 2014, notadamente na região Sudeste, com aumento considerável da concentração de COT e de outros

contaminantes inorgânicos e microbiológicos (nitrogênio amoniacal, coliformes termotolerantes, *E. Coli*, microalgas e cianobactérias etc.) na água bruta. A possibilidade da existência de uma matriz de microcontaminantes orgânicos e de seus metabólitos nestas situações é enorme e comprovadamente oferecem risco à saúde da população (Di Bernardo et al. 2017).

Ressalta-se que a remoção de COT indica indiretamente a remoção de possíveis microcontaminantes orgânicos, incluindo os que se encontram em águas residuárias domésticas e industriais tratadas ou “in natura”, substâncias húmicas, agrotóxicos, hormônios, fármacos, microalgas e cianobactérias, cianotoxinas, vírus, bactérias, protozoários, subprodutos orgânicos halogenados, extremamente tóxicos ao ser humano.

O padrão de potabilidade (Portaria 2914/2011) não estabelece um limite para este parâmetro. A Environmental Protection Agency (USEPA, 2012) recomenda que a concentração de COT geralmente não ultrapasse 2,0 mg/L quando a desinfecção é efetuada com cloro, visando evitar a formação de subprodutos da desinfecção.

No presente trabalho é apresentado um estudo de caso de ETA de ciclo completo para o abastecimento público. O entendimento das eficiências de remoção de COT nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) no Brasil poderá servir de referência para a adoção de valores máximos da concentração de COT na água tratada no padrão de potabilidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETA, que trata vazão máxima de 1400 L/s, é constituída por câmara de chegada de água (pré-oxidada com dióxido de cloro e hipoclorito de sódio) onde é feita a complementação da cloração com cloro gás seguida da aplicação de coagulante, vertedor retangular, canal de aproximação do vertedor Parshall, canal de veiculação de água coagulada, 1 comporta de entrada a cada um dos 4 conjuntos de floculação (cada um com 3 câmaras mecanizadas em série), 4 decantadores convencionais de escoamento horizontal providos de removedores de lodo tipo sifão flutuante, canal de recepção de água decantada onde é aplicada solução de hidróxido de sódio e de cloro (inter-cloração), duas baterias de 8 filtros cada (total de 16 filtros) convencionais com meio filtrante unicamente de areia lavados exclusivamente com água proveniente de reservatório elevado, controlador de vazão tipo Venturi na tubulação de saída de água filtrada, canal geral de veiculação de água filtrada, reservatório inferior e casa de bombas de água tratada.

Foram coletadas amostras de água ao longo do tratamento a fim de monitorar a eficiência da ETA em relação à remoção de turbidez, de cor aparente e de carbono orgânico total. Foram realizadas duas campanhas de coleta.

Na Tabela 1 são apresentados os equipamentos e métodos analíticos dos principais parâmetros medidos nas amostras de água coletadas na ETA.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos, equipamentos, unidades, métodos de medição e limites de detecção

Parâmetro	Unidade	Equipamento	Método
Carbono orgânico total	mg/L	Analizador de Carbono Orgânico Total Sievers M9 – marca GE	Oxidação
Cor aparente	uH	Colorímetro microprocessado de leitura direta, modelo AquaColor Cor, marca PoliControl	Espectrofotométrico
Turbidez	uT	Turbidímetro nefelométrico, modelo AP2000W - marca PoliControl	Nefelométrico

Os locais de coleta das amostras foram escolhidos para permitir a verificação da eficiência de tratamento de cada unidade da ETA. Na Figura 1 são identificados os pontos de coleta de água ao longo do tratamento, e na Tabela 2 são descritas as características dos pontos de coleta.

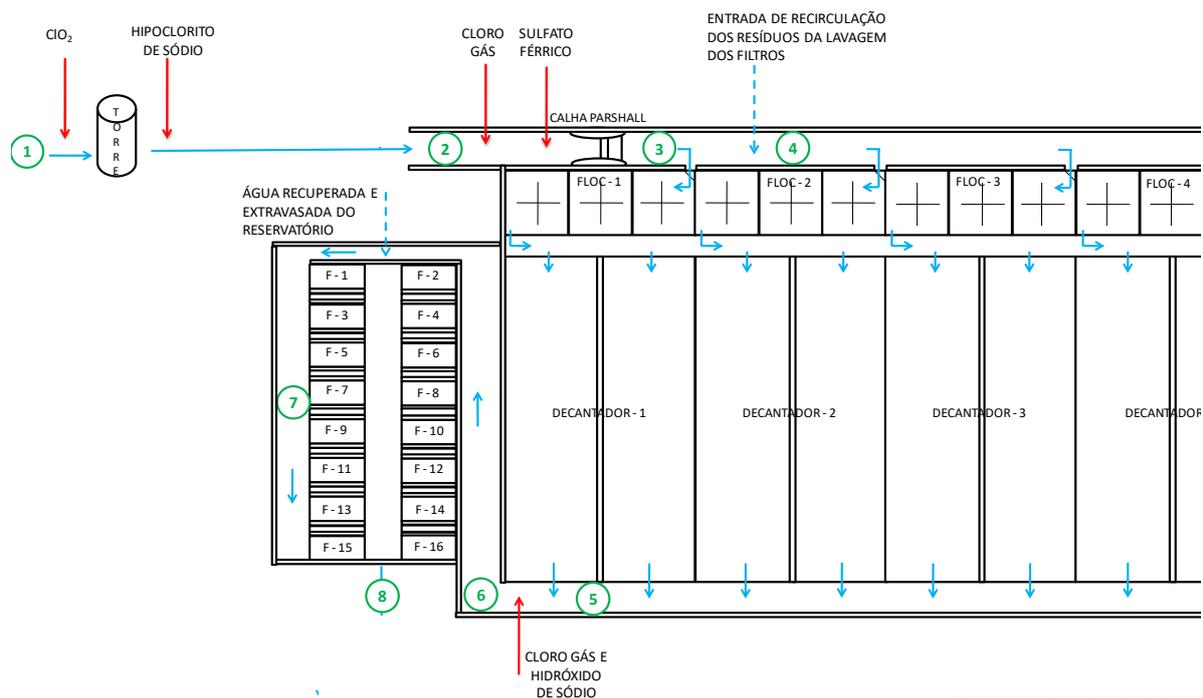


Figura 1 – Esquema dos locais de coleta de amostras de água e pontos de aplicações de produtos químicos e recirculações

As condições operacionais nos dias das coletas foram: Vazão de água bruta afluente à ETA: 830 L/s; Turbidez da água bruta: 60,8 uT; Cor aparente da água bruta: 318 uH; pH da água bruta: 6,3; pH da água coagulada: 5,4; dosagem de sulfato férrico (produto comercial líquido): 263 mg/L; dosagem de dióxido de cloro na captação: 3,33 mg/L; dosagem de hipoclorito de sódio na adutora (produto comercial líquido): 80,0 mg/L Cl_2 ; dosagem de cloro gás na entrada da ETA: 28,7 mg/L Cl_2 ; dosagem de cloro gás na saída dos decantadores: 3,3 mg/L Cl_2 ; dosagem de hidróxido de sódio na saída dos decantadores (produto comercial líquido): 116 mg/L; 3 módulos de floculação e decantação em funcionamento.

Tabela 2 – Descrição dos pontos de coleta de amostras

Local	Código do local	Descrição	Foto
1	AB	Água bruta coletada na captação	
2	APO	Água pré oxidada afluente à ETA	
3	COA 1	Água coagulada coletada no canal de água coagulada a jusante da aplicação de coagulante na calha Parshall e a montante da entrada de recirculação dos resíduos da lavagem dos filtros	
4	COA 2	Água coagulada coletada no canal de água coagulada a jusante da aplicação de coagulante na calha Parshall e também a jusante da entrada de recirculação dos resíduos da lavagem dos filtros	
5	DEC 1	Água decantada coletada no canal geral de água decantada a montante da aplicação de cloro gás	

Tabela 2 – Descrição dos pontos de coleta de amostras (continuação)

Número do ponto	Código do ponto	Descrição	Foto
6	DEC 2	Água decantada coletada no canal geral de água decantada a jusante da aplicação de cloro gás	
7	DEC 3	Água decantada coletada no canal comum dos filtros a jusante da chegada da água recuperada nos processos da fábrica e da água extravasada do reservatório de água para lavagem dos filtros	
8	AF	Água filtrada coletada na linha de amostragem no laboratório de análises físico químicas	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 2 a 4.

Após a mistura rápida na ETA (Ponto 3), os valores de turbidez aumentaram em relação ao Ponto 2, provavelmente decorrente da coleta de amostra com o material flotado. O mesmo comportamento foi observado para os valores de cor aparente.

Os valores de turbidez nas amostras de água decantada (Pontos 5, 6 e 7) variaram de 2,68 uT a 6,65 uT e os valores de cor aparente variaram de 23,3 a 40,1 uH nesses mesmos pontos. Os valores são considerados satisfatórios para a operação de decantação, embora tenha sido verificada a flotação intensa de flocos nas unidades de floculação e decantação.

Em relação à água filtrada, os valores de turbidez variaram de 0,36 uT a 0,73 uT e os valores de cor aparente variaram de 5,7 uH a 8,9 uH. Na época, os valores de turbidez da água filtrada deveriam resultar abaixo de 0,50 uT em 75% das amostras, e inferiores a 1,0 uT para atendimento à Portaria 2914/2011.

A concentração de carbono orgânico total apresentou tendência de queda ao longo do tratamento. Entretanto, os valores finais na água tratada resultaram muito elevados (COT > 10 mg/L), mesmo com a produção de água

filtrada com turbidez e cor aparente em conformidade com a Portaria 2914, apontando a necessidade de complementação do tratamento da ETA, como por exemplo, a inclusão de carvão ativado pulverizado para adsorção.

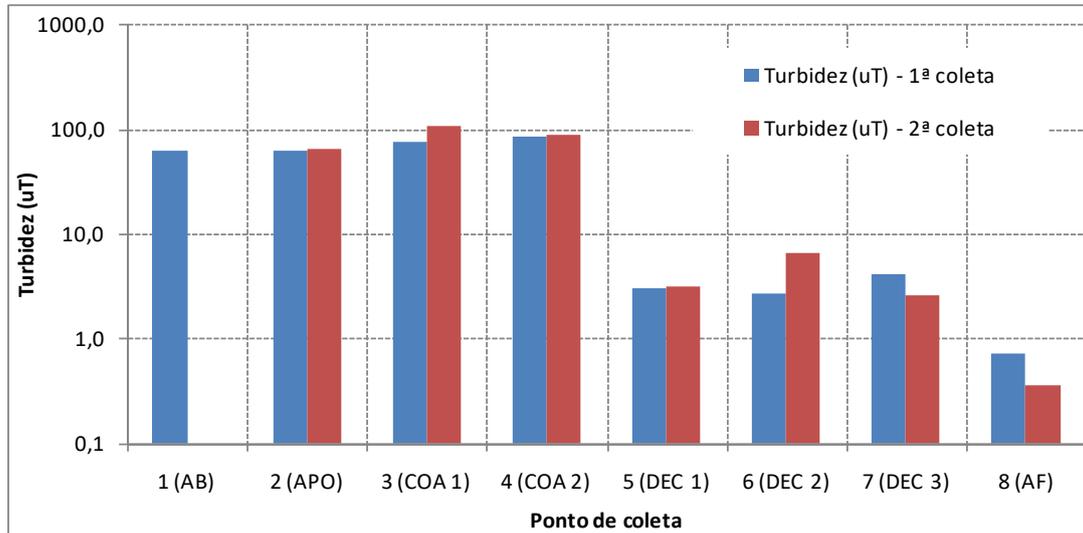


Figura 2 – Valores de turbidez das amostras de água coletadas ao longo do tratamento

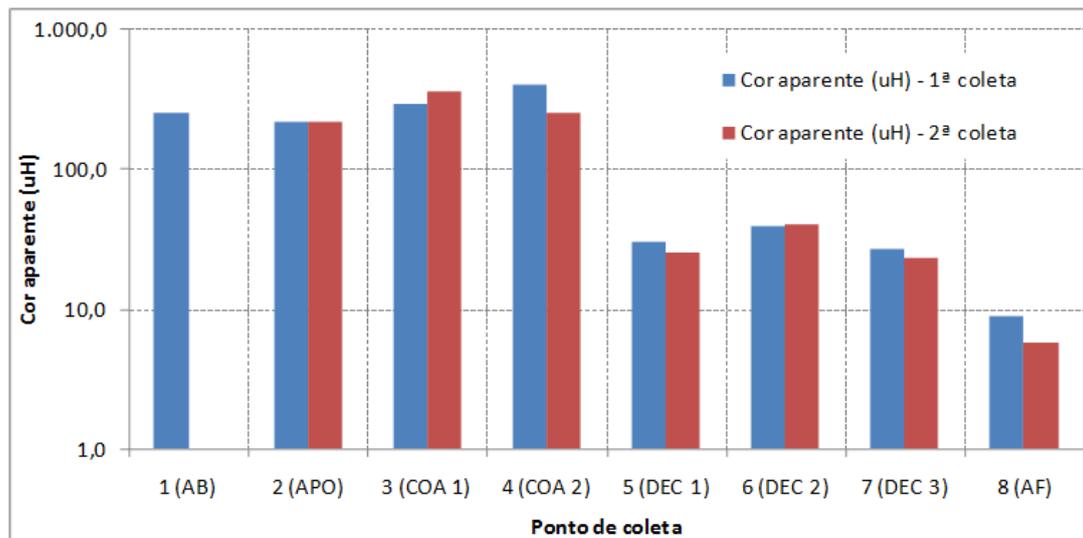


Figura 2 – Valores de cor parente das amostras de água coletadas ao longo do tratamento

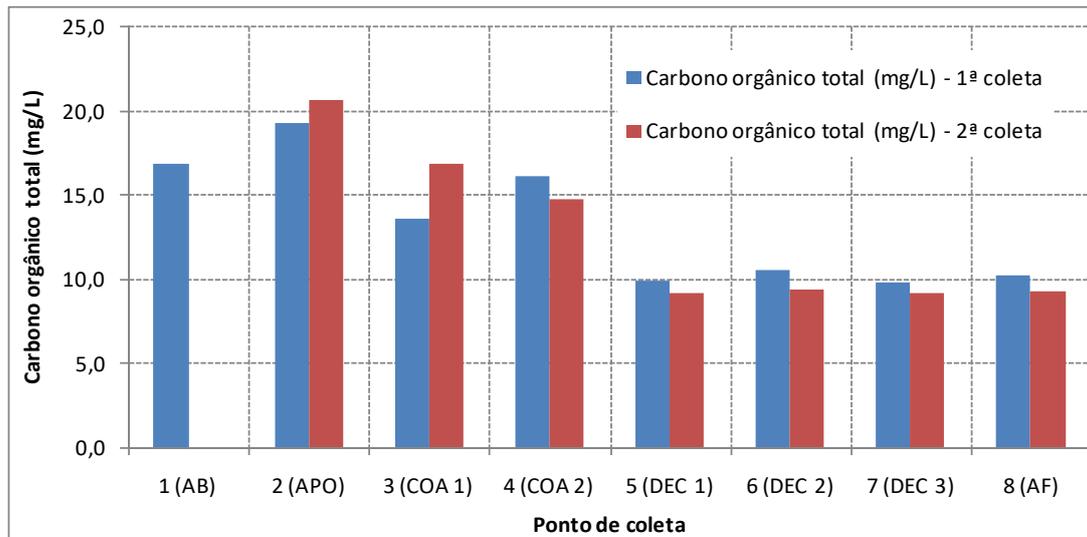


Figura 3 - Concentrações de carbono orgânico total nas amostras de água coletadas ao longo do tratamento

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados servem de alerta para que os responsáveis pela operação dos sistemas de abastecimento de serviços de água complementem os tratamentos das ETAs em ciclo completo que tratam água de mananciais contaminados com o uso de carvão ativado, processos oxidativos avançados e/ou membranas, para melhoria da qualidade da água distribuída e redução dos riscos à saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acessado em: jun. 2015.
- DI BERNARDO, L. DANTAS, A. D. B., VOLTAN, P. E. N. (2017) Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3 Ed., Editora LDiBe, São Carlos, Brasil (no prelo).
- HIDROSAN (2014). Estudo de melhoria técnico operacional em ETA de ciclo completo.
- USA, Environmental Protection Agency - EPA. Drinking water guidance on disinfection by-products. Advice note n. 4, version 2, Disinfection by-products in drinking water (2012). Disponível em: <https://www.epa.ie/pubs/advice/drinkingwater/DrinkingWaterGuide4_v8.pdf>. Acessado em: fev. 2016.