

## II-1560 - ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UMA ETE DE LODOS ATIVADOS COM A ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO E DE SEUS PARÂMETROS OPERACIONAIS

**Rafael Monteiro de Lima** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Brasília. Mestrando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (PTARH/UNB).

**Ariuska Karla Barbosa Amorim** <sup>(2)</sup>

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba, Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.

**Vinicius Mendes Bertolossi** <sup>(3)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília. Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (PTARH/UNB). Analista de Sistemas de Saneamento da CAESB-DF.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: SHVP Rua 3 Chácara 41 - Brasília - DF - CEP: 72005-645 - Brasil - Tel: (61) 98336-3018 - e-mail: rafael.zip@hotmail.com

### RESUMO

A análise de desempenho de estações de tratamento de esgoto é prática fundamental e recorrente para a verificação da adequabilidade do tratamento aos seus requisitos técnicos e legais. O presente trabalho analisou o desempenho da ETE Sobradinho, localizada no Distrito Federal (DF) e operada pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), entre os anos de 2017 e 2020, englobando os períodos anterior, durante e depois da reforma emergencial de reparo de seu principal reator biológico aerado do sistema de lodos ativados e implementação do monitoramento contínuo da concentração de SS e OD em cada um dos reatores aerados por meio de sondas. Os dados de monitoramento da ETE Sobradinho de concentrações de DBO, DQO e SS no esgoto afluente e efluente, assim como as respectivas eficiências de remoção foram avaliados, por meio de estatística descritiva, sendo os resultados obtidos comparados com o esperado em projeto e tipicamente encontrado na literatura especializada.

Observou-se que o esgoto afluente à ETE Sobradinho é mais concentrado do que o esgoto sanitário típico, contudo se encontra dentro do esperado para um esgoto afluente a um sistema de lodos ativados. Enquanto esgoto efluente da ETE apresentou concentrações de DBO, DQO e SS dentro ou próximas as faixas indicadas como típicas pela literatura conforme o sistema tratamento existente, tendo nos períodos antes e durante a sua reforma faixas mais amplas, e no período depois da reforma faixas mais restritas.

Houve uma redução das eficiências de remoção de DBO, DQO e SS no período em que a ETE passou por reforma em relação ao período anterior a reforma, devido a alteração emergencial do sistema de tratamento, seguido de uma expressiva melhora no período após da reforma. Os resultados ressaltam o impacto positivo de um melhor controle operacional da concentração de OD e SS nos reatores de aeração sobre a eficiência dos sistemas de lodos ativados, saindo de uma eficiência de redução de DBO de 74% a 95% no período antes da reforma para 91% a 97% no período após a reforma, sendo a diferença das eficiências de redução de DQO e SS ainda mais expressivas, de 70% a 89% para 87% a 95% no caso da DQO e de 66% a 91% para 90% a 97% no caso da concentração de SS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de Desempenho, Lodos Ativados, Reforma de ETE, Controle Operacional, ETE Sobradinho.

### INTRODUÇÃO

O Esgotamento sanitário é um serviço de saneamento básico e direito de todo brasileiro, devendo sua prestação ser universalizada e efetiva (LEI FEDERAL 11.445, 2007). Contudo, o esgoto possui elevada variabilidade de vazão e qualidade ao longo do tempo, sendo frequente a ocorrência de picos de vazão e de concentração de poluentes, tornando complexa a verificação da efetividade do tratamento a todo momento (VON SPEARLING *et al.*, 2020).

A análise de desempenho de estações de tratamento de esgoto (ETE) é uma prática fundamental, no intuito de verificar a efetividade do tratamento de esgoto em qualquer escala (unidades de tratamento específicas, ETE e até conjunto de ETEs), tanto no aspecto operacional, quanto regulatório.

No que se refere às companhias de saneamento, a realização dessas análises é fundamental para avaliar e otimizar os processos de tratamento, permitindo identificar problemas nas unidades e realizar ajustes na operação. No Distrito Federal, esse tipo de análise também tem sido utilizado para estabelecer cronogramas de reforma das ETEs, metas de prestação de serviço e Planos Diretores do Serviço, elaborados pela CAESB (CAESB, 2014 e 2019).

Para os agentes reguladores do serviço de esgotamento sanitário ela é feita tanto indiretamente, através do fornecimento de dados das companhias de saneamento para o agente regulador; quanto diretamente, por meio da análise de amostras do efluente e do corpo hídrico receptor. Em geral a ação da Agência Reguladora é pautada pelas condições estipuladas na outorga de lançamento das ETEs. Destaca-se nesse caso a atividade da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa) por meio dos relatórios de vistoria e fiscalização (ADASA, 2021 e 2022).

No meio científico, a importância de análises de desempenho reside no estudo das características do esgoto e processos de tratamento (OLIVEIRA E VON SPERLING, 2005; DANTAS *et al.*, 2017); das especificidades do tratamento de ETEs (SALIBA E VON SPERLING, 2017; BUGAJSKI *et al.*, 2017); ou ainda, na avaliação preliminar para a realização de análises estatísticas mais elaboradas (OLIVEIRA E VON SPERLING, 2008; MARZEC, 2017; FERNANDES E DIAS, 2021; MŁYNSKI *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2021).

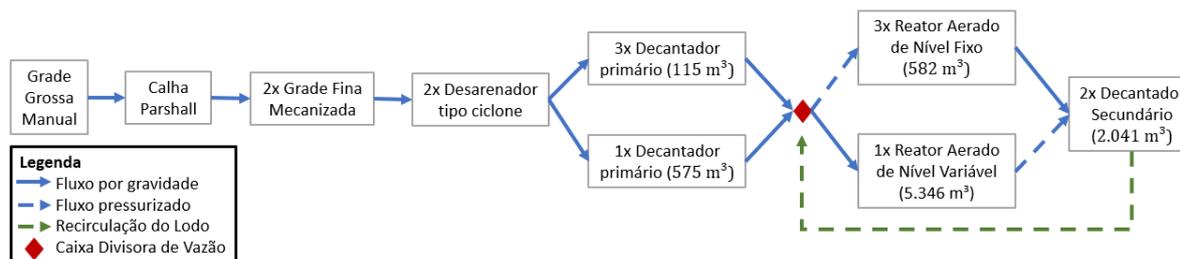
Dentre os principais motivadores para a realização de análises de desempenho estão a alteração do sistema de tratamento de ETEs e/ou de seus parâmetros operacionais. No caso de sistemas de lodos ativados, destaca-se a importância da carga de sólidos suspensos (SS) nos reatores biológicos aerados, permitindo regular o tempo de detenção celular e a relação alimento/microrganismo; e da concentração de oxigênio dissolvido (OD), uma vez que este não pode ser fator limitante para que o processo aeróbio ocorra de forma efetiva (VON SPERLING, 2016; JORDÃO & PESSÔA, 2011).

## OBJETIVOS

O presente artigo é um estudo de caso da ETE Sobradinho, no período de 2017 a 2020, e objetivou verificar por meio de análises estatísticas dos dados secundários de monitoramento da ETE o impacto de sua reforma na qualidade do efluente final, buscando avaliar possíveis diferenças na qualidade do tratamento realizado antes, durante e após a reforma da ETE e ressaltar a importância do controle operacional da concentração de OD e SST nos reatores biológicos aerados para a otimização do tratamento de uma ETE de lodos ativados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE Sobradinho, operada pela CAESB, é responsável por tratar o esgoto doméstico da zona urbana de Sobradinho I e II, Regiões Administrativas (RA) do DF. Essas RAs foram marcadas pelo forte crescimento populacional nas últimas décadas e pela perspectiva de intenso crescimento populacional futuro. A ETE Sobradinho foi dimensionada para tratar uma vazão média de 196 L/s por meio de sistema composto por: uma grade grosseira de limpeza manual; duas grades finas de limpeza mecanizada; dois desarenadores do tipo ciclone; quatro decantadores primários; e o sistema de lodos ativados convencional constituído por três reatores aerados de nível fixo, um reator aerado de nível variável e dois decantadores secundários (Figura 1). Cabe destacar que o reator aerado de nível variável também desempenha o papel de equalizador da vazão afluente as demais unidades do sistema de lodos ativados (CAESB, 2014 e 2019).



**Figura 1: Fluxograma Simplificado das unidades de tratamento da ETE Sobradinho**

O efluente tratado da ETE Sobradinho é lançado no ribeirão Sobradinho, corpo hídrico de classe 3 com pequena vazão média e, conseqüentemente baixa capacidade de diluição, exigindo em sua outorga um efluente com concentração máxima de DBO de 42 mg/L, buscando não comprometer sua qualidade além dos limites de seu enquadramento.

Em maio de 2018 o reator biológico aerado de nível variável, responsável por mais de 60% da capacidade hidráulica de tratamento biológico da ETE (Figura 1), foi desativado para reparos e se adotou no decantador primário de maior volume, em caráter emergencial, o tratamento primário quimicamente assistido (TPQA), utilizando sulfato de alumínio como auxiliar de floculação seguido diretamente da decantação secundária, enquanto os demais decantadores primários mantiveram o tratamento convencional seguido pelo tratamento biológico nos reatores de aeração de nível fixo e decantação secundária. Com a conclusão da reforma do reator aerado de nível variável, em janeiro de 2020, retomou-se a operação deste e se interrompeu o TPQA, implementando ainda, melhorias no sistema de monitoramento da ETE, passando a monitorar a concentração de OD e SS nos reatores aerados através de sondas contínuas. Além disso, foi feita a redistribuição dos aeradores no reator reformado.

Para a realização desse estudo foram utilizados dados secundários de vazão, concentração de SS, DQO e DBO do esgoto afluente e efluente à ETE Sobradinho, no período de 2017 a 2020, fornecidos pela CAESB. Foram utilizados dados de vazão de frequência diária, perfazendo um total de 1461 dados. Já quanto aos dados de concentração, foram fornecidos no total 206 dados semanais de SS e DQO, e 168 dados de DBO, tanto para o esgoto afluente como para o efluente. Devido à grande variabilidade da vazão e qualidade do esgoto doméstico, nenhum dado foi descartado sob a premissa de valores a princípio discrepantes com o comportamento geral serem advindos de variações intrínsecas à natureza do esgoto e seu tratamento.

Os dados de concentração e as eficiências de remoção calculadas foram divididos em 3 períodos: anterior a reforma do reator aerado de nível variável (AR), de janeiro de 2017 a abril de 2018; durante a reforma (R), de maio de 2018 a dezembro de 2019; e após a reforma (DR), de janeiro de 2020 a dezembro de 2020. Em seguida, os períodos foram caracterizados em termos da sua tendência central: média, média geométrica e mediana; e das medidas de dispersão: coeficiente de assimetria (CA), desvio padrão, valor máximo, valor mínimo e percentis de 10% (Q10), 25%, 75% e 90% (Q90) dos dados.

## RESULTADOS OBTIDOS

Os dados de vazão possuem CA positivos de 0,86, 1,44 e 2,26, com medianas de 5697 m<sup>3</sup>/dia, 6015 m<sup>3</sup>/dia e 9672 m<sup>3</sup>/dia e desvios padrão de 954 m<sup>3</sup>/dia, 1116 m<sup>3</sup>/dia e 2756 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente nos períodos AR, R e DR (Figura 2).

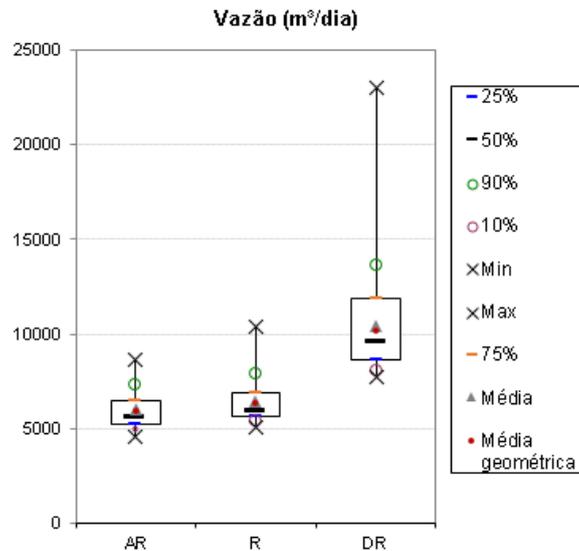


Figura 2: Diagramas de caixa das vazões de esgoto afluentes a ETE nos períodos AR, R e DR

Os dados de concentração de DBO do esgoto afluente apresentaram CA positivos de 0,64, 0,96 e 1,14, tendo medianas de 420, 402 e 456mg/L e desvios padrão de 147, 179 e 167mg/L, respectivamente nos períodos AR, R e DR. Em relação a DQO do esgoto afluente os dados tiveram CA negativo no período AR (-0,27) e positivos nos períodos R (0,88) e DR (1,52), tendo medianas de 850, 738 e 697mg/L e desvios padrão de 213, 279 e 350mg/L, respectivamente nos períodos AR, R e DR. Os dados de concentração de SS do esgoto afluente tiveram CA positivos de 0,47, 1,94 e 2,48, tendo medianas de 324, 316 e 335mg/L e desvios padrão de 105, 194 e 276mg/L, respectivamente nos períodos AR, R e DR (Figura 3).

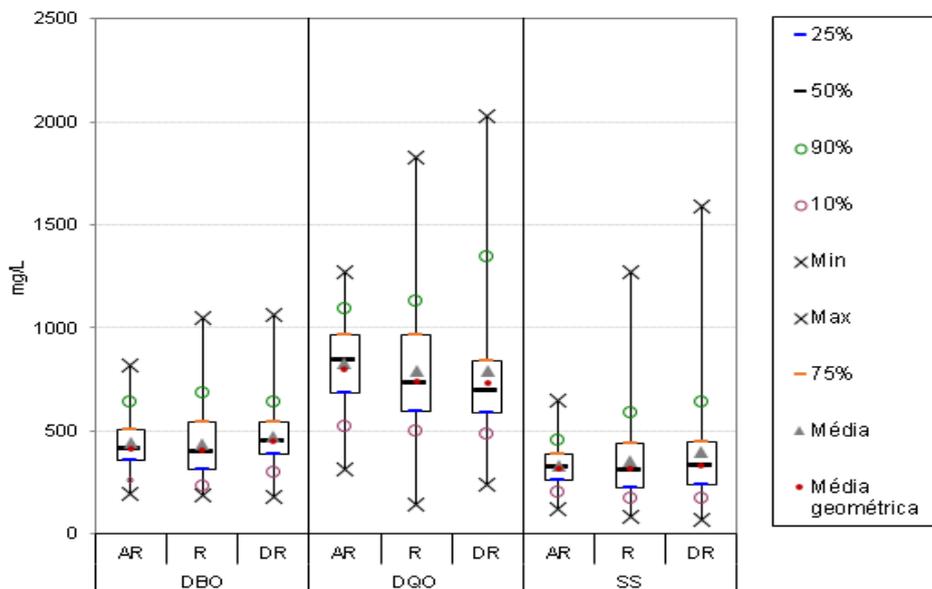


Figura 3: Diagramas de caixa dos parâmetros de DBO, DQO e SS do esgoto afluente a ETE nos períodos AR, R e DR

Os dados de concentração de DBO do efluente final da ETE tiveram CA positivos de 1,62, 1,08 e 0,87, tendo mediana de 42, 78 e 19mg/L e desvios padrões de 34, 43 e 9 mg/L, respectivamente nos períodos AR, R e DR. Em relação a DQO o CA foi positivo no período AR e R (1,15 e 2,25) e negativo no período DR (-0,18), tendo medianas de 138, 180 e 68 mg/L e desvios padrões de 50, 78 e 16 mg/L, respectivamente nos períodos AR, R e DR. Já os dados de concentração de SS do esgoto efluente tiveram CA positivos de 1,11, 1,15 e 1,25, tendo medianas de 53, 54 e 18 mg/L e desvios padrões de 33, 34 e 7 mg/L, respectivamente nos períodos AR, R e DR (Figura 4).

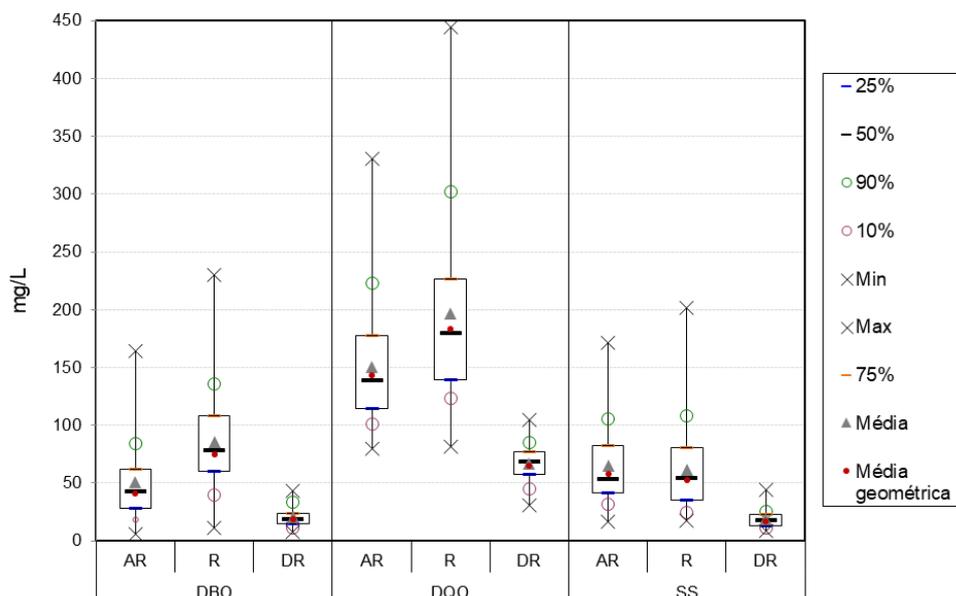


Figura 4: Diagramas de caixa dos parâmetros de DBO, DQO e SS do efluente final da ETE nos períodos AR, R e DR

As eficiências de redução de DBO tiveram CA negativo de -3,1, -1,6 e -1,2, sendo a mediana de eficiência de 91%, 79% e 96% e desvios padrões de 14%, 13% e 2%, respectivamente nos períodos AR, R e DR. Em relação as eficiências de redução de DQO o CA foi negativo de -1,8, -1,3 e -0,3, as medianas foram de 82%, 75% e 91% e desvios padrões de 9%, 14% e 3%, respectivamente nos períodos AR, R e DR. Já as eficiências de remoção de SS tiveram CA negativo de -1,3, -2,0, -2,1, medianas de 81%, 84% e 94% e desvios padrões de 12%, 20% e 5%, respectivamente nos períodos AR, R e DR (Figura 5)

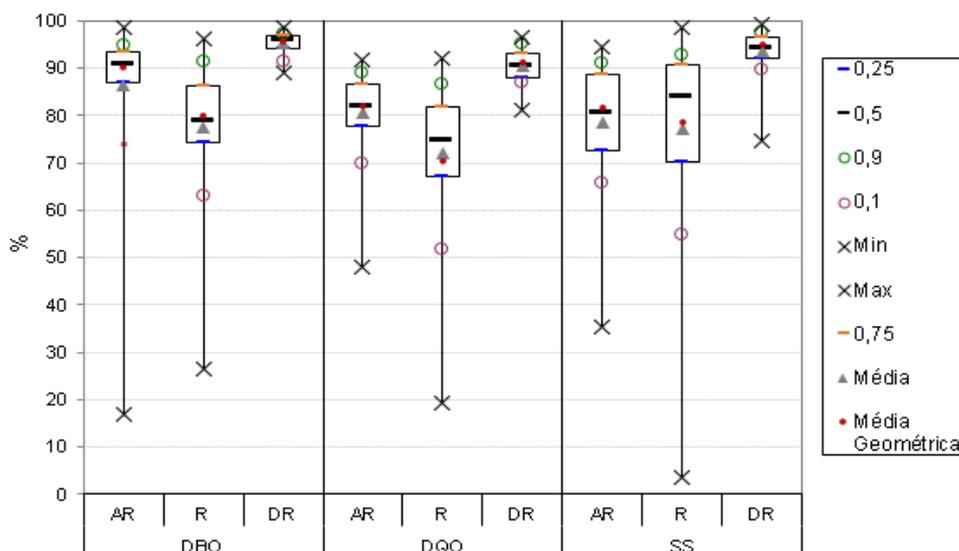


Figura 5: Diagramas de caixa das eficiências de remoção da ETE para os parâmetros de DBO e SS

### ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Observa-se o aumento da vazão do esgoto afluente à ETE ao longo do tempo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), com crescimento intenso em 2020, período DR, que pode ser justificado pela inauguração de duas elevatórias de esgoto em Sobradinho II em janeiro de 2020, aumentando a região de atendimento da ETE Sobradinho.

As faixas de valores (Q10-Q90) das concentrações de DBO, DQO e SS no esgoto afluente a ETE são mais amplas e com limites superiores maiores do que as apresentadas por von Sperling (2014) para esgotos domésticos. Contudo, são coerentes com as apresentadas por Oliveira e von Sperling (2005) para esgotos afluentes a ETEs de lodos ativados, a exceção do limite superior da concentração de SS, o qual foi observado na ETE Sobradinho um valor 5% superior ao deste estudo (Tabela 1).

**Tabela 1: Faixas de DBO, DQO e SS no esgoto afluente a ETE Sobradinho em relação a outros trabalhos**

| Fonte                          | Faixa DBO (mg/L) | Faixa DQO (mg/L) | Faixa SS (mg/L) |
|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| von Sperling (2014)            | 250-400          | 450-800          | 200-450         |
| Oliveira e von Sperling (2005) | 284-804          | 505-1616         | 202-527         |
| Observada                      | 250-674          | 490-1149         | 181-552         |

O aumento da mediana e variabilidade da DBO e DQO do efluente final da ETE no período R (Figura 4) era esperado, uma vez que o reator aerado de nível variável representa grande parte da capacidade de tratamento biológico da estação e sua operação foi paralisada. Ressalta-se que o impacto da reforma do reator aerado de nível variável foi atenuado pela implementação em caráter emergencial do TPQA. No que se refere a SS, o efluente final do período R se manteve similar ao período AR, indicando a robustez do funcionamento dos decantadores primários e secundários mesmo com a implementação do TPQA.

O período DR apresentou uma redução expressiva da mediana e da variação das concentrações de DBO, DQO e SS no efluente final em relação aos outros dois momentos da ETE (Figura 4). Essa redução pode ser justificada pelo melhor controle operacional da aeração e concentração de SS nos reatores, por meio dos sensores de medição em tempo real, os quais foram implementados no início do período DR, otimizando como um todo o tratamento realizado pelo sistema de lodos ativados.

Comparado com os valores de von Sperling (2014) e Oliveira e von Sperling (2005) para efluentes de sistemas de lodos ativados (período AR e DR) e de von Sperling (2014) para efluentes de sistemas de TPQA (período R), as faixas de valores observadas (Q10-Q90) para as concentrações de DBO, DQO e SS no efluente final da ETE são mais amplas e com limites superiores de maior valor no período AR; com limites inferiores menores no período R e com limites inferiores e superiores menores ou iguais no período DR (Tabela 2).

**Tabela 2: Faixas de DBO, DQO e SS no esgoto efluente a ETE Sobradinho nos diferentes períodos avaliados em relação outros trabalhos.**

| Parâmetro        | Período | von Sperling (2014) | Oliveira e von Sperling (2005) | Observada |
|------------------|---------|---------------------|--------------------------------|-----------|
| Faixa DBO (mg/L) | AR      | 15 a 40             | 16 a 58                        | 19 a 84   |
|                  | R       | 60 a 150            | -                              | 40 a 136  |
|                  | DR      | 15 a 40             | 16 a 58                        | 11 a 33   |
| Faixa DQO (mg/L) | AR      | 45 a 120            | 35 a 188                       | 102 a 223 |
|                  | R       | 150 a 250           | -                              | 123 a 303 |
|                  | DR      | 45 a 120            | 35 a 188                       | 45 a 85   |
| Faixa SS (mg/L)  | AR      | 20 a 40             | 13 a 130                       | 32 a 105  |
|                  | R       | 30 a 90             | -                              | 25 a 108  |
|                  | DR      | 20 a 40             | 13 a 130                       | 11 a 25   |

A menor eficiência de remoção de DBO, obtida no período R em relação aos demais períodos (Figura 4), é justificada pela alteração do tratamento da ETE, em que se implementou em caráter emergencial o TPQA, visando minimizar os impactos da paralisação do reator aerados de nível variável. O aumento da dispersão das eficiências de remoção no período R, em relação aos demais períodos (Figura 4), pode ser justificado pelo tempo de ajuste e otimização da dosagem de químicos para as condições e variações das características do esgoto afluente, além do tempo necessário para o estudo e treinamento dos operadores ao processo de TPQA.

No período DR a ETE apresentou maior mediana e menor variação da eficiência de remoção de DBO, DQO e SS do que no período AR (Figura 5), períodos com o mesmo sistema de tratamento. Esse comportamento se

justifica pelo melhor controle operacional, possibilitado pelos sensores de OD e SS em tempo real nos reatores biológicos aerados, e pela melhor distribuição dos aeradores no reator aerado de nível variável.

Comparando, as eficiências obtidas no período AR e DR com o trabalho de Oliveira e von Sperling (2005), as eficiências de remoção de DBO, DQO e SS estão sempre dentro ou acima das faixas típicas em ETES de Lodos Ativados. Mas comparando com os valores de von Sperling (2014), a eficiência de remoção de DBO no período AR foi inferior ao esperado em 20% dos dados de concentração, contudo, se manteve dentro e até acima do esperado nos períodos R e DR. No que se refere a DQO as eficiências de remoção foram inferiores ao esperado em 20% dos dados do período AR e 12% dos dados do período R, estando no período DR sempre dentro ou acima do esperado. Já em relação a SS, a ETE tratou em qualidade inferior ao esperado somente no período AR, em 60% dos dados (Tabela 3).

**Tabela 3: Faixas de eficiência de remoção de DBO, DQO e SS observadas no esgoto efluente a ETE Sobradinho nos diferentes períodos avaliados em relação a literatura especializada**

| Parâmetro          | Período | von Sperling (2014) | Oliveira e von Sperling (2005) | Observada   |
|--------------------|---------|---------------------|--------------------------------|-------------|
| Eficiência DBO (%) | AR      | 85 a 93             | 74 a 96                        | 74,0 a 94,9 |
|                    | R       | 45 a 80             | -                              | 63,0 a 91,4 |
|                    | DR      | 85 a 93             | 74 a 96                        | 91,2 a 97,3 |
| Eficiência DQO (%) | AR      | 80 a 90             | 62 a 93                        | 69,7 a 88,8 |
|                    | R       | 55 a 75             | -                              | 51,7 a 86,5 |
|                    | DR      | 80 a 90             | 62 a 93                        | 86,9 a 95,2 |
| Eficiência SS (%)  | AR      | 87 a 93             | 53 a 95                        | 65,8 a 91,2 |
|                    | R       | 60 a 90             | -                              | 65,8 a 91,2 |
|                    | DR      | 87 a 93             | 53 a 95                        | 89,7 a 97,4 |

## CONCLUSÕES

A análise dos dados de monitoramento da ETE Sobradinho, fornecidos pela CAESB, permitiu verificar a eficiência do tratamento da estação e sua variação ao longo do tempo com as modificações do sistema de tratamento.

O esgoto afluente a ETE Sobradinho possui faixas de valores de DBO, DQO e SS mais amplas e, com limites superiores maiores do que as apresentadas por von Sperling (2014), indicando que a ETE trata frequentemente um esgoto mais concentrado do que o tipicamente esperado para um esgoto doméstico. Contudo, as faixas de valores estão dentro das obtidas por Oliveira e von Sperling (2005) na avaliação de 13 ETES de Lodos ativados do Brasil, indicando que o esgoto afluente a ETE possui concentração similar a geralmente encontrada nas ETES de Lodos Ativados do Brasil.

Em comparação com os valores de von Sperling (2014) e Oliveira e von Sperling (2005), para efluentes de sistemas de lodos ativados e sistemas de TPQA, o efluente final da ETE Sobradinho possui faixas de DBO, DQO e SS mais amplas e com limites superiores de maior valor no período AR; mais amplas e com limites inferiores menores no período R e mais restritas e com limites inferiores e superiores menores ou iguais no período DR.

Comparando o efluente final entre os períodos, o período R apresentou uma maior DBO e DQO, o que era esperado tendo em vista a menor eficiência do tratamento emergencial misto de Lodos ativados e TPQA em relação ao exclusivamente por Lodos Ativados. Contudo, no que se refere a concentração de SS o efluente final do período R se manteve similar ao do período AR, indicando a robustez dos decantadores da ETE e os benefícios da implementação do TPQA. Além disso, o período DR apresentou uma redução expressiva da mediana e da variação das concentrações de DBO, DQO e SS em relação aos outros dois períodos, indicando os benefícios da mudança do sistema de aeração e implementação das sondas contínuas para o controle operacional.

As eficiências de remoção de DBO, DQO e SS do período AR apresentam valores mais baixos, com parte dos resultados abaixo do esperado, de acordo com von Sperling (2014), mas com DBO e SS dentro da faixa típica obtida por Oliveira e von Sperling (2005) para ETES de Lodos Ativados. Já no período DR a eficiência de

remoção esteve dentro e até acima da faixa de remoção da literatura, considerando as duas referências já citadas. Em relação ao período R, apesar da queda de eficiência de remoção de todos os parâmetros, as eficiências se mantiveram dentro e por vezes acima do indicado por von Sperling (2014) como típico para sistemas de TPQA, indicando que a sua implementação em carácter emergencial foi adequadamente realizada e cumpriu o seu papel de atenuar a queda das eficiências de remoção da ETE no período em questão.

No que se refere ao grande aumento da eficiência de remoção de DBO, DQO e SS da ETE no período DR em relação ao período AR, o comportamento pode ser justificado pela implementação das sondas de medição em tempo real de OD e SS nos reatores aerados e a melhor distribuição dos aeradores no reator aerado de nível variável, promovendo em conjunto um melhor controle operacional e a otimização do tratamento do sistema de lodos ativados. Além de ressaltar a importância do controle desses dois parâmetros operacionais para a operação adequada de sistemas de Lodos Ativados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADASA. Relatório de Vistoria e Fiscalização da Capacidade e Eficiência de Tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto em 2020 - RVF/COFA/031/2021, 2021.
2. ADASA. Relatório de Vistoria e Fiscalização da Capacidade e Eficiência de Tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto em 2021 - RVF/COFA/015/2022, 2022.
3. ALVES, Matheus Sales et al. Performance evaluation and coefficients of reliability for waste stabilization ponds in northeast Brazil. *Revista Ambiente & Água*, v. 16, 2021.
4. BUGAJSKI, Piotr; PAWEŁEK, Jan; KUREK, Karolina. Concentrations of organic and biogenic pollutants in domestic wastewater after mechanical treatment in the aspect of biological reactor design. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, n. IV/3, p. 1811-1822, 2017.
5. CAESB. Plano Diretor de Água e Esgoto do Distrito Federal - PDAE/DF, Brasília, Brasil, 2019.
6. CAESB. Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal, Brasília, Brasil, 2014.
7. CHAVES, Vanessa Silva et al. Desempenho das estações de tratamento do esgoto de Aracaju. *Revista Dae*, v. 66, p. 51-58, 2017.
8. DANTAS, Camylla Rachele Aguiar Araújo et al. Análise de ETEs que operam com reatores UASB nos municípios de Fortaleza e Maracanaú, com relação ao atendimento de descarte em corpos d'água, 2017.
9. FACIN, Fernanda et al. Avaliação operacional de ETE composta por reator UASB seguido de biofiltro aerado submerso, um estudo de caso em ETE de escala real no município de Luzerna-SC, 2018.
10. FERNANDES, Pedro Antônio Alves; DIAS, Edgard Henrique Oliveira. Análise de confiabilidade de uma ETE de médio porte com sistema de lodos ativados com aeração prolongada, 2021.
11. JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. Tratamento de esgotos domésticos. 6ª Edição. ABES, Rio de Janeiro, 2011.
12. MARZEC, Michał. Reliability of removal of selected pollutants in different technological solutions of household wastewater treatment plants. *Journal of Water and Land Development*, v. 35, n. 1, p. 141, 2017.
13. MŁYNSKI, Dariusz et al. Investigation of the wastewater treatment plant processes efficiency using statistical tools. *Sustainability*, v. 12, n. 24, p. 10522, 2020.
14. OLIVEIRA, Sílvia C.; VON SPERLING, Marcos. Reliability analysis of wastewater treatment plants. *Water research*, v. 42, n. 4-5, p. 1182-1194, 2008.
15. OLIVEIRA, Sílvia; CORRÊA, M. A.; VON SPERLING, Marcos. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, p. 347-357, 2005.
16. SALIBA, Pollyane Diniz; VON SPERLING, Marcos. Performance evaluation of a large sewage treatment plant in Brazil, consisting of an upflow anaerobic sludge blanket reactor followed by activated sludge. *Water Science and Technology*, v. 76, n. 8, p. 2003-2014, 2017.
17. VON SPERLING, MARCOS. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias-Vol. 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4ª Edição. Editora UFMG, v. 1, 2014.
18. VON SPERLING, MARCOS. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias-Vol. 4: Lodos ativados. 4ª Edição. Editora UFMG, v. 4, 2016.
19. VON SPERLING, Marcos; VERBYLA, Matthew E.; OLIVEIRA, Sílvia MAC. Assessment of treatment plant performance and water quality data: a guide for students, researchers and practitioners. IWA publishing, 2020.