

ESTUDO DA AUTODEPURAÇÃO EM UM TRECHO DO RIO SOROCABA, SP - BRASIL

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Vinicius Moura Costa¹
João Pedro Gomes dos Santos²
Letícia Borsato Rossi³
Layssa de Moura Oliveira⁴
Jorge L. R. Pantoja Filho⁵

Resumo

O processo de recuperação natural de um curso d'água é denominado autodepuração, o qual pode ser determinado utilizando-se a concentração de oxigênio dissolvido. Um dos principais modelos matemáticos que estuda este fenômeno é de Streeter-Phelps, servindo como base para o programa Ad' Água 2.0™. No presente trabalho, buscou-se simular o consumo de oxigênio dissolvido, após o despejo pontual de esgoto, em um trecho do rio Sorocaba nos períodos seco e chuvoso, possibilitando comparar os resultados com os dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. O trecho de estudo está inserido nos municípios de Votorantim e Sorocaba, e foi dividido em duas seções. Seis cenários distintos dentro do período do ano hidrológico foram analisados, onde avaliou-se a influência do volume do rio na dinâmica da autodepuração, e, ainda, verificou-se a validade do *software*, por meio da comparação dos valores de oxigênio dissolvido simulado com o mensurado pelo órgão responsável. Observou-se que no período seco a anaerobiose foi atingida quilômetros antes quando comparada ao período chuvoso, devido a concentração de matéria orgânica presente no rio ser maior. A disparidade dos valores ao realizar-se a comparação foi evidente, podendo ser explicada pela diferença na natureza dos dados utilizados, além do modelo base do *software* possuir restrições teóricas. Embora o programa apresente limitações, o estudo é totalmente válido para o entendimento da variação da concentração de oxigênio dissolvido em um curso d'água. Logo, espera-se que os municípios o utilizem como aporte teórico.

Palavras-chave: Oxigênio dissolvido; Streeter-Phelps; Ad'Água 2.0; Matéria orgânica.

¹ Aluno do Curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, São Paulo, Brasil, v.mcosta@outlook.com.

² Aluno do Curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, São Paulo, Brasil, joao.pedrogomes97@hotmail.com.

³ Aluna do Curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, São Paulo, Brasil, leticia.b.rossi42@gmail.com.

⁴ Aluna do Curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, São Paulo, Brasil, layssamo@gmail.com.

⁵ Professor Doutor, Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, São Paulo, Brasil, pantojafilho@gmail.com.

INTRODUÇÃO

De acordo com Von Sperling (2014), a autodepuração de um curso d'água é um fenômeno que reestabelece o equilíbrio da biota aquática por mecanismos essencialmente naturais. Para a determinação do grau de poluição e de autodepuração em cursos d'água tem se utilizado o oxigênio dissolvido (OD), sendo seu teor expresso em concentrações quantificáveis e passíveis de modelagem matemática.

Um dos principais modelos matemáticos aplicados à qualidade da água foi desenvolvido por Streeter e Phelps (1925), o qual relaciona o impacto causado pela descarga de águas residuárias com a concentração de oxigênio do rio. Este modelo é a base do programa Ad' Água 2.0TM, onde a concentração do material em estudo é considerada homogênea numa mesma seção transversal de um canal (SARDINHA et al, 2008).

A região da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 10, possui densa e crescente urbanização (CBH-SMT, 2016), quando associado à falta de planejamento, pode gerar impactos negativos no rio Sorocaba. Portanto, objetiva-se com este trabalho simular, utilizando dados secundários, o consumo de oxigênio dissolvido em um trecho do rio Sorocaba nos períodos seco e chuvoso, após o despejo pontual de esgoto, possibilitando a comparação dos resultados com os dados de OD mensurados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

METODOLOGIA



Figura 1: Mapa de Localização.

A área de estudo corresponde a um trecho do rio Sorocaba, pertencente à Bacia Hidrográfica Sorocaba/Médio Tietê – UGRHI 10, que percorre os municípios de Votorantim e Sorocaba (CETESB, 2018; SAAE, 2019), onde possui 3 pontos de amostragem da CETESB.

Para realizar a simulação, dividiu-se o trecho de estudo em duas seções,

através de um *software* SIG (Sistemas de Informações Geográficas), nomeadas de seção I, contida entre os pontos, SORO 02050 e SORO 02100, e seção II, entre SORO 02100 e SORO 02200, contendo 13,95 Km e 8,87 Km de extensão, respectivamente.

A fim de estimar o volume de esgoto gerado, de acordo com Von Sperling (2014), utilizou-se dados da população absoluta (IBGE, 2019), e da coleta e tratamento do esgoto de Votorantim e Sorocaba (CBH-SMT, 2018). Posteriormente, apurou-se informações sobre o consumo médio de água por habitante brasileiro e o coeficiente de retorno (VON SPERLING, 2014). Para simulação, aplicou-se o *software* Ad'Água 2.0TM com base em dados obtidos na literatura e relatórios públicos (FERNANDES, 2012; VON SPERLING, 2014; CETESB, 2018). Logo, os dados de entrada do efluente foram: Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), DBO_5 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), K_1 (20°C) (dia^{-1}) e OD ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Já para o curso d'água foram: Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Temperatura ($^\circ\text{C}$), Comprimento do trecho de estudo (Km), DBO_5 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), OD ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), K_2 (20°C) (dia^{-1}), Classe do rio (un.) e Altitude média (m). Para análise da simulação, foram avaliados cenários distintos do período do ano hidrológico. Desta forma, avaliou-se a influência do volume do rio na dinâmica da autodepuração, e, ainda, verificou-se a validade do *software*, por meio da comparação de OD simulado e mensurado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2, 3 e 4 representam os perfis longitudinais de oxigênio dissolvido simulados do trecho de estudo do rio Sorocaba.

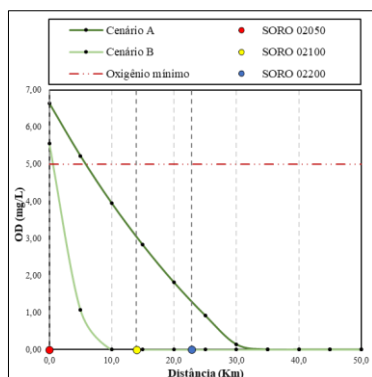


Figura 2: Cenários A e B

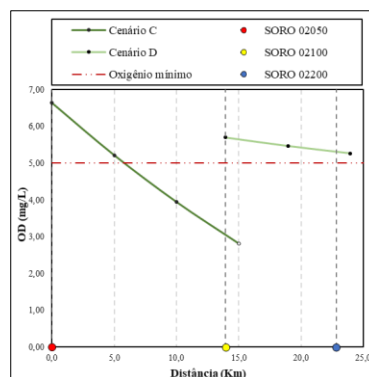


Figura 3: Cenários C e D

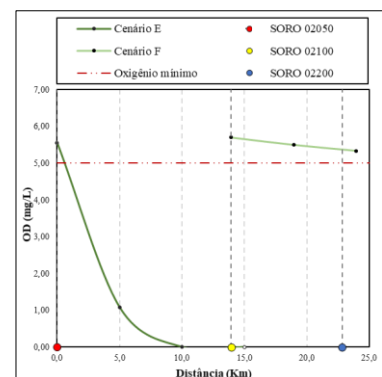


Figura 4: Cenários E e F

O despejo de esgoto se localiza em SORO 02050, onde os dados são os mesmos. Em relação ao curso d'água, há uma variação de alguns parâmetros, uma vez que a análise

é feita para os períodos seco e chuvoso. No entanto, os dados de OD e DBO_5 são os mesmos, já que são disponibilizados pela CETESB (2018). Assim a Figura 2 refere-se a simulação integrada das seções, cujo período chuvoso é o cenário A, e o seco o cenário B. Com a divisão das seções, de forma a introduzir os dados de OD e DBO_5 no ponto SORO 02100 fornecidos pela CETESB (2018), foram produzidas as Figuras 3 e 4, representando o período chuvoso e seco, respectivamente.

Nota-se na Figura 2 que a anaerobiose ($OD = 0 \text{ mg.L}^{-1}$) é atingida muito antes no período seco do que no chuvoso, tendo uma diferença de quase 20 Km. Isso também é notado na Figura 4 quando comparada com a Figura 3, em que a anaerobiose ocorre somente no período seco, especificamente no trecho I, por volta de 10 Km. Tal fato indica que o consumo de OD pelos organismos presentes na massa líquida é maior no período seco, devido, principalmente, a concentração da matéria orgânica ser maior, apesar das características do efluente serem as mesmas. O relatório disponibilizado pela CETESB (2018) informa os seguintes índices de OD: $5,70 \text{ mg.L}^{-1}$ para SORO 02100, e $2,40 \text{ mg.L}^{-1}$ para SORO 02200. Dessa maneira, ao comparar com os valores simulados na Figura 2, nota-se que o cenário A apresenta valores próximos a $3,00 \text{ mg.L}^{-1}$, no ponto SORO 02100; e a $1,50 \text{ mg.L}^{-1}$, no SORO 02200. No entanto, o cenário B encontra-se em anaerobiose em ambos os pontos. Já a Figura 3, apresentou valores próximos a $3,00 \text{ mg.L}^{-1}$ no término da seção I, ponto SORO 02100, e a $5,3 \text{ mg.L}^{-1}$ no término da seção II, SORO 02200. E a Figura 4 indica a anaerobiose no ponto SORO 02100, e valor próximo a $5,40 \text{ mg.L}^{-1}$ no SORO 02200.

Desta maneira é evidente a disparidade de valores nos dados publicados pela CETESB (2018) com os resultados da simulação, no entanto observa-se na Figura 3 uma convergência dos resultados simulados para com os publicados. A disparidade pode ser explicada pela diferença na natureza dos dados utilizados com a base de dados da CETESB, uma vez que os cenários representam períodos extremos, chuvoso e seco, e a CETESB realiza uma média dos valores mensurados no ano de 2017. Além disso, o modelo base do *software*, o Streeter-Phelps, possui restrições teóricas, tais como: o regime do rio é uniforme, o escoamento é unidimensional e o despejo de carga pontual de efluente, são fatores aplicados que não retratam a realidade do curso d'água. Contudo a convergência de

valores, possivelmente, se justifica pela suposta proximidade de valores do período chuvoso com os da média anual do rio. E, não menos importante, a segregação do trecho do rio em seções menores, somado a aplicação de valores oficiais no início de cada seção, provoca aproximação com o valor base de comparação, exemplificado no cenário D da Figura 3.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o Ad'Água 2.0TM apresente limitações, os resultados são válidos para o entendimento da variação de OD em um curso d'água após o despejo de esgoto. Portanto espera-se que este trabalho sirva como subsídio técnico para tomada de decisões por parte dos municípios.

REFERÊNCIAS

- CBHSMT - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA-SOROCABA MÉDIO TIETÊ. **Plano de Bacia Hidrográfica: 2016-2017: relatório técnico.** Sorocaba, 2016.
- CBHSMT - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA-SOROCABA MÉDIO TIETÊ. **Relatório de situação 2018: relatório técnico.** Sorocaba, 2018.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2018.
- FERNANDES, A.M. **Características hidrogeoquímicas da bacia de drenagem do rio Sorocaba, SP: processos erosivos mecânicos e químicos.** 2012. 241f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Cidades.** 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 03 jun. 2020.
- PAULA, Liliane Magnavaca de. **Avaliação da qualidade da água e autodepuração do rio Jordão, Araguari (MG).** 2011. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- SAAE - SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE SOROCABA (Sorocaba). **Descida revela a vida e a qualidade da água do Rio Sorocaba.** 2019. Disponível em: <www.saaesorocaba.com.br/descida-revela-a-vida-e-a-qualidade-da-agua-do-rio-sorocaba>. Acesso em: 03 jun. 2020.
- SARDINHA, D. S. et al. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 329-338, set. 2008.
- STREETER, H. W. PHELPS, E. B. A Study of the pollution and natural purification of the Ohio river: III. Factors concerned in the phenomena of oxidation and reaeration. **Public Health Bulletin:** Nº 146, Washington, p. 1-75, fev. 1925
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 2014.