

ANÁLISE DE AUTODEPURAÇÃO DO CORPO D'ÁGUA UTILIZANDO MODELAGEM PARA UM SISTEMA DE MÚLTIPLO LANÇAMENTO

Yukiko Sakomoto Belém¹, Cláudio Vinicius Barbosa Monteiro², Oswaldo Curty da Motta Lima³, Luís Fernando Cusioli⁴

¹Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil (pg56499@uem.br)

²Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil (pg56492@uem.br)

³Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil (ocmlima@uem.br)

⁴Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil (lfcusioli@uem.br)

Resumo: O estudo aplicou a modelagem de Streeter e Phelps para avaliar a autodepuração com lançamentos múltiplos. No lançamento único, obteve-se $t_{crit} = 14,04$ h, $d_{crit} = 13,37$ km e $3,407$ g/m³ de O₂, enquadrando o rio em classe 4. Já com duas correntes, em $2 t_{crit}$, atingiu-se $4,1439$ g/m³ de O₂, elevando-o à classe 3. Assim, a estratégia após o tempo crítico melhorou a qualidade da água além dos limites normativos.

Palavras-chave: Autodepuração; Streeter-Phelps; DBO; Qualidade da água

INTRODUÇÃO

Um grande desafio da humanidade é acabar com a escassez de água e preservar esse recurso natural indispensável para a vida. Nesse sentido, Agenda 2030 da ONU adotada em 2015 por 193 países-membros, dos quais o Brasil faz parte, pretende erradicar a pobreza e garantir a sustentabilidade ambiental, a boa governança em todos os níveis, segurança e a paz para todos em 15 anos (ONU, 2015).

Dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destaca-se o ODS 6, que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, a fim de proporcionar o uso eficiente dela e dar mais qualidade de vida para a população (ONU, 2015).

Uma forma de gerir esse recurso eficientemente é utilizar a capacidade de assimilação dos corpos d'água, respeitando os limites impostos pela legislação e sem comprometer o equilíbrio ambiental. Esse fenômeno é conhecido como autodepuração, o qual ocorre em duas etapas simultâneas: decomposição da matéria orgânica e recuperação do oxigênio dissolvido ou reaeração (BRAGA et al., 2005).

A primeira etapa consiste na estabilização da matéria orgânica pelas bactérias decompositoras, as quais consomem oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração. Este decréscimo de oxigênio dissolvido (OD) representa um dos principais problemas de poluição hídrica (VON SPERLING, 2014), pois está diretamente relacionado aos tipos de organismos que podem sobreviver no ambiente aquático. Usualmente, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é utilizada como uma forma de medição do potencial poluidor de certas

substâncias biodegradáveis em relação ao consumo de OD (BRAGA et al., 2005).

Já a segunda etapa repõe o oxigênio consumido por meio da fotossíntese e pela troca gasosa entre a atmosfera e a água, essa última é mais intensa conforme a turbulência do curso d'água aumenta. Em outras palavras, na decomposição, o consumo de OD é maior que a reposição por essas fontes, e depois que a matéria orgânica é degradada, os decompositores morrem e o OD deixa de ser consumido por eles, aumentando sua concentração novamente. No trecho afetado do rio pelo despejo de material orgânico, ocorrerão mudanças nas espécies presentes, na cor, na turbidez, e em outras características da água (VON SPERLING, 2014).

Além disso, a análise da autodepuração de corpos hídricos é comumente realizada por meio de técnicas de modelagem matemática, como a desenvolvida pelos precursores Streeter e Phelps (1925), com o objetivo de aumentar a eficiência das ações para o controle da poluição do rio Ohio. Tal modelo é composto por um sistema de equações diferenciais que descreve a variação da concentração de OD e da carga de matéria orgânica ao longo do tempo e do espaço, em função do lançamento de efluentes no meio aquático (FREIRE et al., 2009).

Ademais, de acordo com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, os padrões de qualidade da água são definidos a depender do seu uso. Na tabela 1 abaixo, foram resumidos os parâmetros estabelecidos por tal norma e as classes relacionadas. Assim, neste trabalho objetivou-se comparar a eficiência da autodepuração do rio com lançamentos de uma e duas correntes em pontos distintos no rio, para atingir os limites estabelecidos pela legislação ou até mesmo subir de classe, e



consequentemente, dar mais opções de uso para o recurso hídrico.

Tabela 1. Padrões de qualidade da água doce.

Parâmetros	Classes			
	1	2	3	4
OD (mg/L)	>6	>5	>4	>2
DBO (mg/L)	3	5	10	-
Turbidez (UNT)	40	100	100	-
Cobre (mg/L)	0,009	0,009	0,013	-

Nota: Nas águas de Classe Especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo d'água.

Fonte: CONAMA, 2005.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho se propõe a utilizar o equacionamento com solução analítica, proposto por Streeter-Phelps (1925) e abordado por Bezerra (2008), que a partir de duas equações diferenciais ordinárias (EDO's) o balanço de oxigênio em um leito de rio pode ser obtido.

A primeira equação avalia a carga orgânica presente na corrente a ser degradada em função do tempo, trata-se de um balanço mássico de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) caracterizado pela variação da concentração L ao longo do tempo e descrito por:

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L \quad (1)$$

Que é integrável pelo método de separação de variáveis, considerando que em $t=0$, $L=L_0$, tem-se:

$$L = L_0 e^{(-k_1 t)} \quad (1.1)$$

Para definir o valor de L_0 é necessário estimar qual será a concentração de carga orgânica após o lançamento no rio, isso é calculado a partir da média de concentrações entre as correntes do rio e do efluente lançado, segundo a equação que segue:

$$L_0 = \frac{Q_e L_e + Q_r L_r}{Q_e + Q_r} \quad (2)$$

Em que Q_e e L_e são respectivamente vazão e concentração de carga orgânica do efluente e Q_r e L_r são vazão e concentração de carga orgânica no rio.

A segunda equação avalia o déficit de oxigênio dissolvido (OD) no leito do rio em função do tempo, é importante observar que nesse modelo cinético temos duas constantes, uma que favorece a oxigenação (k_2) ou constante de reaeração, e a constante que consome o oxigênio presente no meio (k_1) ou constante de

desoxigenação. A equação diferencial que descreve o fenômeno é dada por:

$$\frac{dD}{dt} = k_1 L - k_2 D \quad (3)$$

Em que D representa o déficit de oxigênio em função do tempo, para resolvê-la pode-se utilizar o método do fator integrante, rearranjado a equação e escolhendo o fator μ como sendo $\mu = e^{(k_2 t)}$. Após as devidas substituições, integra-se a equação considerando que em $t=0$ $D=D_0$, dessa forma tem-se:

$$D(t) = \frac{k_1}{k_1 + k_2} L_0 (e^{(-k_1 t)} - e^{(-k_2 t)}) + D_0 e^{(-k_2 t)} \quad (3.1)$$

Essa equação pode ser reescrita em termos da velocidade constante do leito do rio (v), onde $v = \frac{x}{t}$ e $t = \frac{x}{v}$, ou seja:

$$D(x) = \frac{k_1}{k_1 + k_2} L_0 (e^{(-k_1 \frac{x}{v})} - e^{(-k_2 \frac{x}{v})}) + D_0 e^{(-k_2 \frac{x}{v})} \quad (3.2)$$

Ao observar a equação que descreve o déficit de oxigênio, conclui-se que ela passa por um mínimo, o qual pode ser encontrado derivando a equação e igualando essa derivada a 0, isso resulta em um t_{crit} ou t_{crit} onde a partir desse ponto, as concentrações de oxigênio passam a aumentar no curso do rio. Se aplicarmos essas condições na equação resposta, obteremos a seguinte relação para o t_{crit} :

$$t_{crit} = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln\left(\frac{k_2}{k_1} \left(1 - \frac{(k_2 - k_1) D_0}{k_1 L_0}\right)\right) \quad (4)$$

Entretanto, conhecer o déficit de oxigênio não representa vantagem prática, é mais viável conhecer a concentração de oxigênio no leito ao longo do tempo $C(t)$, e essa é descrita pela equação 5:

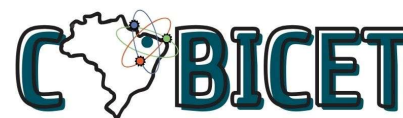
$$C(t) = C_s - D(t) \quad (5)$$

Ao realizar as devidas substituições, obtém-se a equação que descreve a concentração de oxigênio no modelo, conforme equação 5.1:

$$C(t) = C_s - \left[\frac{k_1}{k_1 + k_2} L_0 (e^{(-k_1 t)} - e^{(-k_2 t)}) + D_0 e^{(-k_2 t)} \right] \quad (5.1)$$

Aplicando a condição de contorno em $t=0$, tem-se $C = C_0$ e, portanto, $D_0 = (C_0 - C_s)$, que resulta na equação final 5.2:

$$C(t) = C_s - \left[\frac{k_1}{k_1 + k_2} L_0 (e^{(-k_1 t)} - e^{(-k_2 t)}) + (C_0 - C_s) e^{(-k_2 t)} \right] \quad (5.2)$$



Para um sistema com dois pontos de lançamento considera-se que a concentração é a mesma e que a vazão varia de tal forma a maximizar a concentração de oxigênio dissolvido no leito do rio. Isso resulta em pequenas modificações em nosso modelo de autodepuração, como, por exemplo, o valor de L_0 a ser utilizado em cada caso, ao subdividir a vazão Q_e em duas parcelas, podemos reescrever a equação (2) aplicando a igualdade $Q_e = Q_{e1} + Q_{e2}$, onde Q_{e1} e Q_{e2} são respectivamente as vazões dos efluentes no primeiro e no segundo ponto de lançamento:

$$L_{o1} = \frac{Q_{e1}L_e + Q_r L_r}{Q_{e1} + Q_r} \quad (2.1) \quad \text{e} \quad L_{o2} = \frac{Q_{e2}L_e + (Q_r + Q_{e1})L_{1t}}{Q_{e1} + Q_{e2} + Q_r} \quad (2.2)$$

Vale salientar que L_{1t} representa o residual de carga orgânica presente na corrente após o primeiro lançamento, ou seja:

$$L_{1t} = L_{o1}e^{(-k_1 t)} \quad (1.2)$$

Quanto as equações de concentração de O_2 também foram reescritas para as novas condições no segundo ponto de lançamento como sendo:

para $0 \leq t < t_{ref}$:

$$C(t) = C_s - \left[\frac{k_1}{k_1 + k_2} L_{o1} (e^{(-k_1 t)} - e^{(-k_2 t)}) + (C_o - C_s) e^{(-k_2 t)} \right] \quad (5.3)$$

para $t_{ref} \leq t < (\infty)$:

$$C(t) = C_s - \left[\frac{k_1}{k_1 + k_2} L_{o2} (e^{(-k_1 (t-t_{ref}))} - e^{(-k_2 (t-t_{ref}))}) + (C_{ref} - C_s) e^{(-k_2 (t-t_{ref}))} \right] \quad (5.4)$$

Para contextualizar, a cada novo lançamento a dinâmica cinética reinicia, e por esse motivo há a necessidade de se trabalhar com um tempo relativo ao último lançamento de efluente, por isso da diferença dos valores $(t - t_{ref})$ o mesmo ocorre para C_o que após o lançamento passa a ser o valor final da curva de um lançamento no tempo de referência.

Para um sistema com múltiplos pontos de lançamento considera-se que a concentração é a mesma e que a vazão varia de tal forma a maximizar a concentração de oxigênio dissolvido no leito do rio. Isso resulta em pequenas modificações neste modelo de autodepuração, como por exemplo o valor de L_0 a ser utilizado em cada caso, ao subdividir a vazão Q_e em duas parcelas, podemos reescrever a equação (2) aplicando a igualdade $Q_e = \sum (Q_{e1} + Q_{e2} + \dots Q_n)$ com n variando 1 à infinito, as concentrações iniciais das vazões dos efluentes são descritas como:

$$L_{on} = \frac{Q_{en}L_e + \sum (Q_r + Q_{(n-1)})L_{((n-1)t)}}{Q_r + \sum (Q_n)} \quad (5.5)$$

Sendo que $L_{(n-1)t}$ representa o residual de carga orgânica presente na corrente após o primeiro lançamento, ou seja:

$$L_{((n-1)t)} = L_{(o(n-1))}e^{(-k_1 t)} \quad (5.6)$$

Quanto as equações de concentração de O_2 também foram reescritas para as novas condições no segundo ponto de lançamento como sendo:

para $0 \leq t < t_{ref}$:

$$C(t) = C_s - \left[\frac{k_1}{k_1 + k_2} L_{o1} (e^{(-k_1 t)} - e^{(-k_2 t)}) + (C_o - C_s) e^{(-k_2 t)} \right] \quad (5.3)$$

para $t_{ref} \leq t < (\infty)$:

$$C(t) = C_s - \left[\frac{k_1}{k_1 + k_2} L_{on} (e^{(-k_1 (t-t_{ref}))} - e^{(-k_2 (t-t_{ref}))}) + (C_{ref} - C_s) e^{(-k_2 (t-t_{ref}))} \right] \quad (5.4)$$

Para contextualizar, a cada novo lançamento a dinâmica cinética reinicia, e por esse motivo há a necessidade de se trabalhar com um tempo relativo ao último lançamento de efluente, por isso da diferença dos valores $(t - t_{ref})$ o mesmo ocorre para C_o que após o lançamento passa a ser o valor final da curva de um lançamento no tempo de referência. Além disso, é possível observar que conforme as subdivisões vão aumentando, há uma redução da vazão de efluente, e, por consequência, um menor potencial de degradação. Entretanto, amplia-se a quantidade de pontos de lançamento e o custo de implementação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para encontrar o ponto em que seria mais adequado o lançamento da segunda parcela de efluente, realizou-se uma avaliação onde iniciava do tempo crítico calculado para um modelo simulado, com lançamento da vazão total em um único ponto de $t=0$, para esse ponto se calculou o t_{crit} , e posteriormente, a distância crítica, a partir do ponto do primeiro lançamento.

Na sequência a Tabela 2 apresenta os dados que resultaram na curva padrão citada:

Tabela 2. Dados para calibração do lançamento padrão

Coefficiente de desoxigenação (k_1) (h^{-1})	0,0208
--	--------

Coefficiente de oxigenação (k_2) (h^{-1})	0,1546
DBO inicial (L_0) (g/m^3)	40,6896
Concentração de saturação de O_2 (C_s) (g/m^3)	7,5
Concentração de O_2 inicial (C_0) (g/m^3)	6,75
Velocidade do rio (km/h)	0,9524
Vazão do Efluente (m^3/h)	1800
Concentração DBO do Efluente (g/m^3)	120
Vazão do Rio (m^3/h)	4000
Concentração DBO do rio (g/m^3)	5

Após a aplicação das condições supracitadas, obtém-se como resposta o gráfico da Figura 1 que representa as condições de autodepuração do leito para o caso em que toda a vazão é lançada diretamente no ponto em $t=0$.

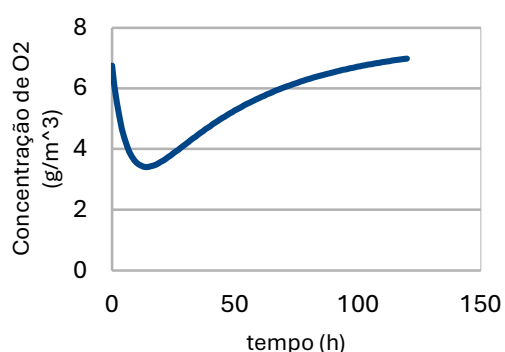


Figura 1. Curva de OD para o lançamento padrão ($Q_e = 1800 \text{ m}^3/\text{h}$ e $L_0 = 120 \text{ g}/\text{m}^3$).

Ao observar a Figura 1, encontra-se para as condições da Tabela 2, um tempo crítico de 14,04 horas, por consequência uma distância crítica de 13,37 km e um valor mínimo de O_2 de $3,407 \text{ g}/\text{m}^3$ indicando a possibilidade de lançamento em corpos hídricos, classificados pelo CONAMA como classe 4.

Visando melhorar os resultados para esse modelo, foram testadas para uma mesma vazão de efluente, no primeiro e no segundo lançamento, quais as condições de concentração seriam obtidas para lançamentos em várias condições relacionadas ao tempo crítico do modelo padrão. A saber: a um quarto do tempo crítico, a metade do tempo crítico, no tempo crítico, ao dobro do tempo crítico, a quatro vezes o tempo crítico e a

oito vezes o tempo crítico. Os resultados das curvas obtidas podem ser consultados na Figura 2:

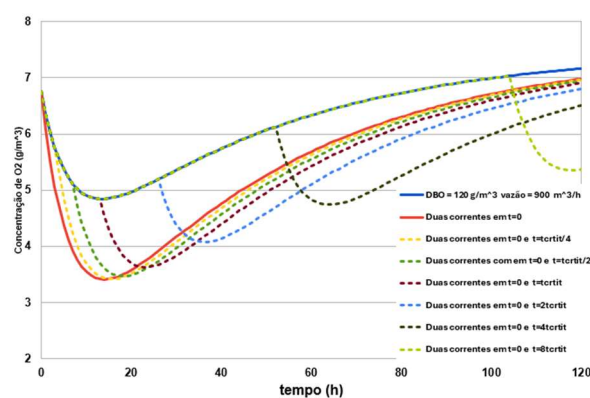


Figura 2. Curvas de OD para lançamento duplo em várias condições de t_{crit} ($Q_{e1} = Q_{e2} = 900 \text{ m}^3/\text{h}$ e $L_0 = 120 \text{ g}/\text{m}^3$).

Ao observar o gráfico da Figura 2, percebe-se que as curvas de OD oscilam entre as regiões do lançamento total dos efluentes no ponto $t=0$ e a curva do lançamento de apenas uma corrente em $t=0$, essa condição era esperada e corrobora com a ideia de que o modelo corresponde de forma satisfatória ao esperado. Observa-se ainda que conforme o lançamento se afasta à direita do ponto crítico de OD, melhores são só resultados de mínimos para a função dentro do intervalo estudado.

Ao analisar as curvas percebe-se que lançamentos antes do ponto crítico de OD, apresentam pequenas variações da concentração mínima de OD, entretanto ao observar a região após o ponto crítico nota-se um ganho considerável e praticamente linear, até encontrar o patamar em que se tem o mínimo de OD para o lançamento de uma corrente, com metade da vazão da corrente do lançamento padrão levando a atingir um ponto de máximo ganho dentro do intervalo de estudo.

Os resultados do ganho percentual de OD para cada uma dessas condições quando comparadas com o lançamento padrão e seus valores mínimos de OD estão elencados na Tabela 3:

Tabela 3. Ganho percentual de OD, após a subdivisão das correntes em função do tempo crítico.

Tempo de lançamento	Concentração mínima de O_2	Ganho (%)
0	3,407	0,00%
$\frac{t_{crit}}{4}$	3,414	0,19%

$\frac{t_{crit}}{2}$	3,466	1,71%
T_{crit}	3,626	6,05%
$2.t_{crit}$	4,074	16,36%
$4.t_{crit}$	4,740	28,12%
$8.t_{crit}$	4,841	29,62%

A Tabela 3 expõe de forma clara, que os ganhos em função do tempo crítico ou distância crítica do segundo lançamento, ao plotar esses resultados obtém-se a Figura 3 que correlaciona o ganho percentual com a razão do tempo crítico desse lançamento. Após um ajuste polinomial de 2ª ordem, encontra-se um ponto de máximo, conforme exposto na Figura 3:

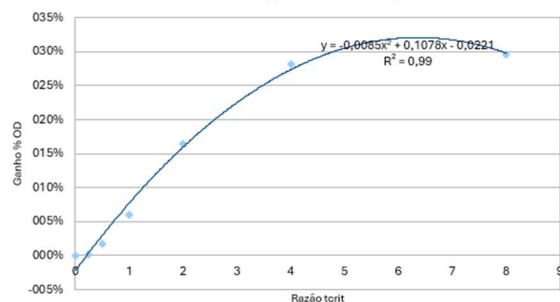


Figura 3. Correlação entre Ganho % OD x Razão t_{crit} .

A Figura 3 indica um ponto de ótimo para o caso em pauta, esse valor é encontrado aplicando a derivação da função ajustada, ao calcular o valor de x para essa derivada, obtém-se o ponto ótimo para esse ajuste, que seria em $t = 5 t_{crit}$ aproximadamente.

Na sequência, a Figura 4 expõe a curva de OD para esse ótimo e seu ganho em relação à legislação CONAMA, atingindo uma condição de possível lançamento em um corpo hídrico classe 3.

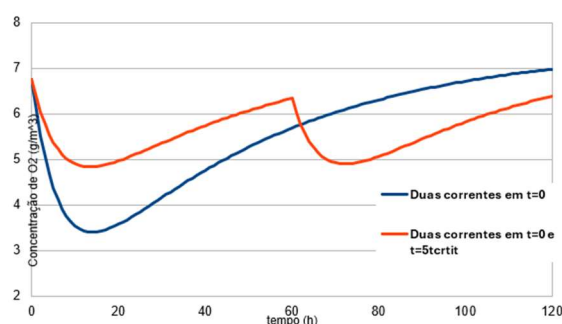


Figura 4. Comparativo de lançamentos duas correntes iguais em $t=0$ e em $(t=0 \text{ e } t=5t_{crit})$

Na Figura 4 fica claramente demonstrado que a subdivisão em duas correntes, permitiu a realização do lançamento em condições para um corpo hídrico de classe maior. Seria necessário avaliar para o caso em pauta quais custos seriam menores, se o de melhorar o tratamento para reduzir a carga orgânica ou de bombear o efluente a uma distância de $5t_{crit}$ que para o caso em questão seria de 65 Km a jusante do primeiro lançamento.

Outra possível solução seria modificar as vazões de lançamento, em uma condição de $t < 5t_{crit}$ mas ainda alcançando melhores resultados de OD. Para estudar essa possibilidade, foi escolhida uma razão de $t = 2t_{crit}$, que no caso estudado seria de 24 Km, e avaliou-se quais seriam os mínimos de OD para a faixa de tempo de depuração, os resultados dessa análise encontram-se na Tabela 4:

Q_{e1}	Q_{e2}	Conc. Mín. de O_2 para Q_{e1}	Conc. Mín. de O_2 para Q_{e2}
500	1300	5,6585	3,8684
700	1100	5,2325	3,9757
900	900	4,8413	4,0739
1100	700	4,4791	4,1585
1300	500	4,1439	4,1439
1500	300	3,8332	3,8332

Diante do exposto a Tabela 4, pode-se verificar que para essa condição de $t = 2 t_{crit}$ atingiu um ótimo de OD igual a 4,1439 g/m^3 , ou seja, sendo possível o lançamento do efluente em um corpo hídrico classe 03, desde que em $t=0$ sejam lançados 1300 m^3/h e no

segundo ponto, os outros 500 m³/h. A Figura 5 expõe o resultado obtido, comparando com um único lançamento total em $t=0$.

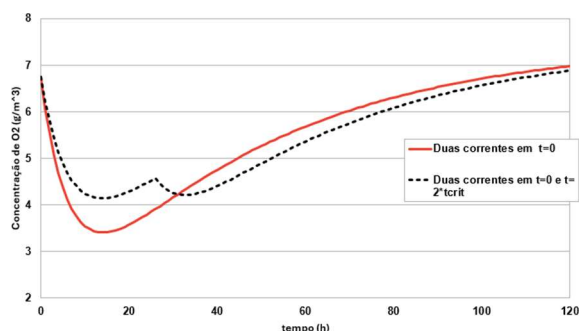


Figura 5. Comparativo de lançamentos duas correntes diferentes ($Q_{e1} = 1300$ m³/h e $Q_{e2} = 500$ m³/h) em $t=0$ e em ($t=0$ e $t=5t_{crit}$)

A Figura 5 mostra a vantagem de dividir a corrente em pontos distintos ao longo do rio e que se fosse viável financeiramente dividir em 3 ou mais correntes, com certeza obteria resultados mais promissores, melhorando a concentração de OD e provavelmente subindo de classe. Essa proposta é uma alternativa para casos em que a empresa/cidade precisa se adequar aos parâmetros da legislação em curto período de tempo, enquanto otimiza seu sistema de tratamento de efluentes e para as situações em que ela não tem recursos para ampliar seu tratamento e precisa dar um destino adequado ao seus efluentes impactando minimamente seu rio.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a subdivisão de lançamento em múltiplas correntes, mostrou-se como alternativa para atingimento dos critérios de concentração de OD regidos pela legislação vigente. Cabe pontuar que esse método serve como opção em face à impossibilidade de melhoria da eficiência do tratamento de efluentes. O estudo demonstrou que os lançamentos alcançam maiores ganhos em concentração de OD quando ocorrem após o tempo crítico de lançamento do lançamento total da parcela de efluente. A melhoria no padrão de lançamento é visível, pois possibilitou que o corpo hídrico atingisse critérios de classificação maiores do que os recomendados pelas normas.

AGRADECIMENTOS

Agrademos ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá por todo suporte.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, I.S.O.; MENDONÇA, L.A.; FRISCHKORN, H. *Autodepuração de cursos d'água: um programa de modelagem Streeter Phelps com calibração automática e correção de anaerobiose*. REM-Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v.61, n. 2, p. 249-255, abr./jun. 2008.
- BRAGA, Benedito et al. *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre uma nova classificação para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas do território nacional*. Brasília: CONAMA, 2005.
- FREIRE, R et al. *Avaliação da autodepuração de um trecho do rio Pirapó-pr após receber as águas do ribeirão Maringá-pr*. Anais do II SIMPGEU-Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, PR, 2009. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá-DEC/UEM. URL http://www.dec.uem.br/eventos/ii_simpgeu/arquivos/Trabalhos/129.pdf. Acesso em: 17 set. 2025.
- Organização das Nações Unidas. ONU. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: Nações Unidas Brasil, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 29 out. 2025.
- STREETER, H. W.; PHELPS, E. B. *A study of the pollution and natural purification of the Ohio River*. US Public Health Service. Public Health Bulletin, v. 146, p. 75, 1925.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).