

## CONCESSÃO DE OUTORGA DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES, MEDIANTE A APLICAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DE STREETER-PHELPS

Leila Ivete Teixeira Monteiro<sup>1</sup>, Sílvia Helena Lima dos Santos<sup>2</sup>, Francisca Valdenúza Almeida Silva<sup>3</sup>, Ada Amelia Sanders Lopes<sup>4</sup>

**Resumo:** Este trabalho tratou do desenvolvimento de metodologias para estudar os impactos causados em rios do nordeste brasileiro, no processo de concessão de outorga de efluentes domésticos. Para isso foi desenvolvida uma metodologia com base no modelo matemático de Streeter-Phelps, combinado com a Legislação Brasileira, que possibilitou que a vazão de diluição, para cada lançamento, fosse avaliada. Para esta análise, as simulações foram realizadas com o auxílio de um programa computacional, em linguagem FORTRAN, que foi ser desenvolvido para esta pesquisa. De acordo com os resultados, ao observar o comportamento das curvas de DBO “demanda bioquímica de oxigênio” e déficit de OD “oxigênio dissolvido”, verifica-se que a carga de DBO vai se dissipando conforme se afasta dos pontos de lançamento, e os valores de déficit voltam a ser os mesmos que aqueles antes do lançamento. Em outras palavras, ocorre a diluição da nuvem poluente ao longo do rio, de maneira que a distribuição da concentração de DBO atinja a uniformidade. Finalmente, o estudo mostrou que a metodologia proposta pode se tornar em uma alternativa concreta no controle de lançamentos de efluentes em rios do nordeste brasileiro, oriundos de concessão de outorga e, assim, permitir uma melhor eficiência nos processos da Gestão dos Recursos Hídricos.

**Palavras-chave:** Qualidade de água. Streeter-phelps. Concessão de outorga.

<sup>1</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, e-mail: monteiro.leila01@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, e-mail: silvia.santos@unilab.edu.br

<sup>3</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, e-mail: valdenuzaalmeida@yahoo.com

<sup>4</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, e-mail: ada@unilab.edu.br

## INTRODUÇÃO

A crescente poluição dos corpos hídricos é um problema mundial e o seu controle representa um desafio para os gestores de recursos hídricos, não só no Brasil, mas também no mundo. Este problema é mais intenso nos grandes centros urbanos, onde há uma maior demanda por água potável e os lançamentos de poluentes são mais frequentes e concentrados (NAHON, 2006).

Um dos principais instrumentos de gestão para redução e controle da poluição desses recursos é a outorga para lançamentos de efluentes que, apesar de estar legalmente instituída, ainda não foi devidamente implantada em nível nacional. Para isso, é necessário definir critérios de outorga, organizar e manter uma base de dados de qualidade da água e desenvolver ferramentas adequadas para análise integrada dos aspectos de quantidade e qualidade da água (AZEVEDO *et al.*, 2003).

A outorga para assimilação de efluentes, conforme consta na Lei Federal nº. 9.433/97, baseia-se no princípio de permitir uma descarga em um curso de água com uma carga máxima de poluentes de maneira que, após sua diluição na vazão mínima fixada como referência, a qualidade da água no corpo receptor permaneça satisfatória, conforme seus objetivos de qualidade estabelecidos pela classe de uso (CRUZ, 2001).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia com base no modelo matemático de Streeter-Phelps, para estudar a capacidade de autodepuração de rios, considerando os processos de concessão de outorga de lançamento de efluentes.

## METODOLOGIA

A metodologia proposta para esta pesquisa considera a aplicação do modelo clássico de Streeter-Phelps para determinar a capacidade de autodepuração de corpos d'água na concessão de outorga de lançamento em rios naturais, considerando diferentes cenários. Assim, considerando que este estudo limita seu campo de aplicação a um rio natural, alguns parâmetros hidráulicos, que atuam diretamente na capacidade de transporte e de diluição do referido corpo hídrico, serão discutidos.

### Modelo de Streeter-Phelps

O modelo é definido pelo seguinte par de equações:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio

$$L = L_0 e^{-\left(\frac{K_r}{U}x\right)} \quad (1)$$

- Déficit de Oxigênio Dissolvido

$$D = D_0 e^{-\left(\frac{K_a}{U}x\right)} + \frac{K_d L_0}{K_a - K_r} \left( e^{-\left(\frac{K_r}{U}x\right)} - e^{-\left(\frac{K_a}{U}x\right)} \right) \quad (2)$$

Onde:  $K_r = K_d + K_s$ , sendo  $K_s$  o coeficiente de sedimentação;

$D_0$  é o déficit inicial no ponto de lançamento.

Estas equações quando aplicadas aos mais diversos rios da região, permitem que se estude a capacidade de autodepuração dos mesmos quando sujeitos a lançamentos de efluentes na concessão de outorga.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados tratam da análise das concentrações de DBO, déficit de OD e concentrações de OD para diferentes tipos de lançamento na seção de origem de um rio considerando cenários de estação seca e chuvosa. Foram utilizados os dados do rio Potengi, Rio Grande do Norte, e os dados utilizados nas simulações para os dois cenários podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados dos parâmetros utilizados nas simulações.

Parâmetros	Unidade
Vazão média do efluente	40.000 m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>
Concentração de OD do efluente	1 mg/L
Largura média do rio	8,00 m
Profundidade média do rio	6,00 m
Comprimento do rio	100.000 m
Concentração de DBO no rio	2 mg/L
Concentração de OD no rio	8 mg/L
Temperatura média do rio	27 °C
Coeficiente de reaeração	2 d <sup>-1</sup>
Coeficiente de decaimento da DBO	0,6 d <sup>-1</sup>

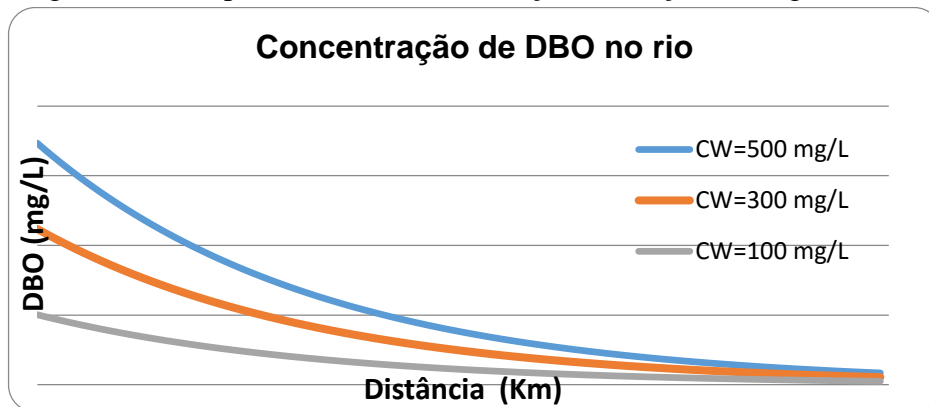
Fonte: Elaborada pelo autor.

### Cenário 1: Estação chuvosa

Para este cenário foi considerada a vazão média do rio de 14,5 m<sup>3</sup>/s (1.252.800,00 m<sup>3</sup>.d<sup>1</sup>). Sendo assim, para este caso, a carga de DBO do efluente de uma fonte pontual variou entre CW=100 mg/L; CW= 300 mg/L e 500 mg/L. O cenário 1 apresenta a análise da

concentração de DBO, déficit de OD e concentrações de OD, para diferentes tipos de lançamento na seção de origem do rio. Por conseguinte, na primeira simulação, ilustrada pela Figura 1, verifica-se o comportamento da concentração de DBO para diferentes lançamentos na seção de origem do rio. Com base na figura 1, é possível perceber que quanto maior for a carga de DBO lançada no rio (CW), maior será a distância para que este lançamento se dissipe. Pode-se verificar, portanto, a coerência dos resultados gerados pelo programa, uma vez que quanto maior for a massa distribuída, maior o tempo de diluição desta massa no fluido.

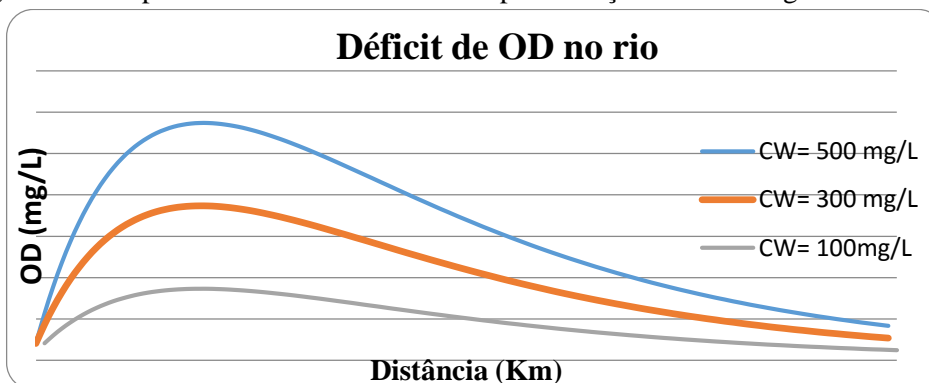
Figura 1 – Comportamento da DBO lançada na seção de origem do rio.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O mesmo ocorre ao analisar o déficit de OD, Figura 2. Nesta figura, pode-se notar o aumento do déficit de oxigênio dissolvido no início do lançamento, chegando a valores máximos próximo da seção a 20 km da seção de origem do rio. Conforme a carga de DBO vai se dissipando, os valores de déficit voltam a ser os mesmos que aqueles antes do lançamento. Em outras palavras, ocorre a diluição da nuvem poluente ao longo do rio, de maneira que a distribuição da concentração de DBO atinja a uniformidade.

Figura 2– Comportamento do déficit de OD após o lançamento da carga de DBO.

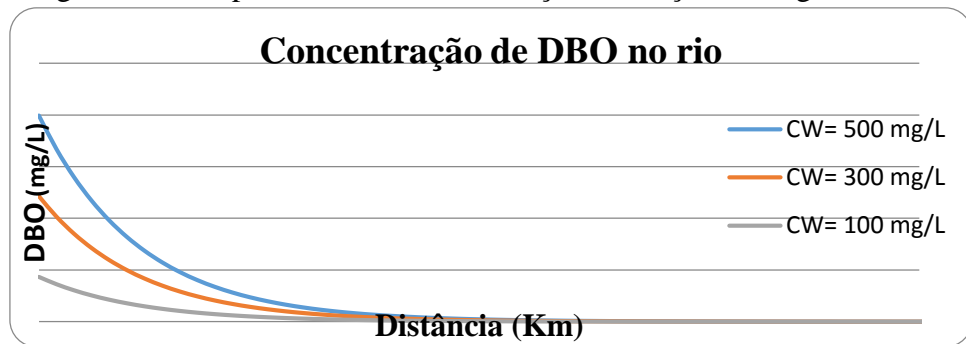


Fonte: Elaborada pelo autor.

## Cenário 2: Estação Seca

Para este caso, manteve-se o mesmo tipo de lançamento que o cenário anterior, mas a vazão considerada agora é da ordem de  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $216.000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ).

Figura 3 – Comportamento da DBO lançada na seção de origem do rio.



Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a Figura 3, verifica-se que, para esta vazão, os lançamentos de 300 mg/L e 500 mg/L são completamente inadequados para este rio. Por exemplo, para um lançamento de 500 mg/L a concentração de diluição da DBO é da ordem de 80 mg/L, valor inadequado para qualquer ambiente aquático. Para este caso, somente a vazão de 100 mg/L mostra-se adequada para permitir alguma condição saúde ambiental para o referido rio.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que é possível fazer uma análise consistente do comportamento da DBO e do OD para diferentes concentrações de lançamentos de efluentes bem como diferentes vazões de acordo com a sazonalidade do nordeste brasileiro. Segundo o estudo, observou-se que nas estações secas os lançamentos de efluentes com concentrações acima de 200mg/L provocam sérios danos na qualidade da água do rio em estudo. Já para a estação chuvosa o rio possui uma capacidade de diluição que suporta os lançamentos superiores as concentrações de 200mg/L.

## AGRADECIMENTOS

A universidade pela oportunidade a iniciação a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L. G. T.; BALTAR, A. M.; RÊGO, M.; PORTO, R. L. L. *Sistemas de Suporte à Decisão para Outorga de Direitos de Uso da Água no Brasil*. Série Água Brasil 2. Banco Mundial, Brasília, 2003.

CRUZ, J. C. *Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais*. 2001. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001

NAHON, I. M. *Sistema de apoio à análise de outorga de lançamento de efluentes para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio: Estudo de caso da bacia do Alto Iguazu*. 2006. 175f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.