

CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO DO RIACHO MUSSURÉ

Carmem Lúcia Moreira Gadelha

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba, Doutora em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Universidade de São Paulo/USP. Professora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Bairro Castelo Branco, João Pessoa-PB, Cep: 58.059-900.

E-mail: carmemgadelha@yahoo.com.br

Cristiano da Neves Almeida

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo e Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo. Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Bairro Castelo Branco, João Pessoa-PB, Cep: 58.059-900.

E-mail: almeida74br@yahoo.com.br

Lairton Lopes Lunguinho

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba. Mestrando em Engenharia Urbana e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Bairro Castelo Branco, João Pessoa-PB, Cep: 58.059-900.

E-mail: llaiton@hotmail.com

Nicholas Borges de Lira

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Bolsista PIBIC, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Bairro Castelo Branco, João Pessoa-PB, Cep: 58.059-900.

E-mail: nicholasengcivil@gmail.com

Romildo Henriques dos Anjos Júnior

Graduando em Licenciatura Química da Universidade Federal da Paraíba. Técnico em Química do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Bairro Castelo Branco, João Pessoa-PB, Cep: 58.059-900.

E-mail: anhosjr@yahoo.com.br

Tulio de Oliveira Guedes

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Bolsista PIBIC, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Bairro Castelo Branco, João Pessoa-PB, Cep: 58.059-900.

E-mail: tulio_guedes@hotmail.com

ABSTRACT

The water bodies are capable of self-purification, which allows them to receive a certain amount of pollution load and still maintain the minimum quality of water, the basis for setting instream flow. This paper analyzes the compatibility of pollutant loads with a minimum capacity of self-purification of the Mussuré river inserted in Gramame River basin, of Paraíba/ Brazil, by simulating scenarios of industrial wastewater treatment, according to the mathematical model QUAL 2E. Such analysis is justified by the fact that the stream received various pollutant loads, affecting aquatic life and local coastal communities. For the treatment efficiency, were simulated scenarios considering the parameters of water quality, obtained from SUDEMA. The simulation showed that the stream no longer has power to purify, and the water quality standards are incompatible with the framework of its class, according to CONAMA, even if an efficient treatment of effluent received.

Keywords: water bodies; self-purification; QUAL 2E.

INTRODUÇÃO

A poluição das águas é o resultado do desenvolvimento acelerado das atividades econômicas, acompanhadas por um crescimento desequilibrado das infra-estruturas de saneamento básico. Essa problemática tende a se agravar devido ao uso incorreto que o homem dá aos corpos hídricos, tais como os lançamentos inadequados de efluentes domésticos, industriais, resíduos sólidos, fertilizantes e agrotóxicos, decorrentes de atividades antrópicas desenvolvidas nas margens da bacia hidrográfica.

Segundo Sperling (2005), todo corpo d'água tem condições de receber e depurar, através de mecanismos naturais, certa quantidade de matéria orgânica, esta autodepuração é vinculada ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por processos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes. No entanto, essa capacidade é limitada, dependendo, entre outros fatores, das características do manancial. Para Mota (1988), os mecanismos de autodepuração nos corpos hídricos ocorrem devido a fenômenos físicos, químicos e biológicos, os quais contribuem para a modificação, redução ou eliminação completa de alguns poluentes na água. Embora esta classificação em fenômenos seja de grande importância didática, deve-se lembrar que a ação ou estudo isolado destes fenômenos se torna inviável, devido ao fato de que eles ocorram de forma conjunta.

Entre os fenômenos físicos destaca-se a diluição, que proporciona a redução de cargas poluidoras e de seus efeitos nocivos, devido ao volume de água do corpo receptor. Este fenômeno deve ser considerado ao se determinar a carga poluidora máxima a ser lançada em um corpo hídrico.

Relacionado aos fenômenos químicos dar-se ênfase as reações de oxidação e redução da matéria orgânica, devido à respiração dos organismos, o que ocasiona a diminuição do oxigênio do meio, e a síntese orgânica realizada na fotossíntese, que gera oxigênio para o meio. Outro processo redutor a ser considerado é o da desnitrificação, resultante da ação das bactérias sobre os nitratos presentes no líquido.

No caso dos fenômenos biológicos, tem-se como destaque a produção de antibióticos e toxinas, onde alguns microrganismos podem exercer atividade antibiótica sobre bactérias patogênicas.

No entanto, a Resolução nº. 357/05, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento dos efluentes, baseia-se tão somente no critério da qualidade dos despejos a serem lançados, por determinada atividade.

A desvantagem deste critério é a dificuldade de se exercer um controle ambiental, pois há necessidade de um estudo prévio e detalhado, das condições naturais de autodepuração, bem como do contínuo acompanhamento das condições dos cursos de água, dificultando as tomadas de decisão, por parte dos órgãos competentes, referentes à gestão dos recursos hídricos. Nesse sentido, tem sido desenvolvidas ferramentas com o intuito de auxiliar as tomadas de decisões.

Uma das ferramentas aplicada para o controle ambiental são os modelos matemáticos de qualidade da água, definidos por Tucci (1998) como técnicas que possibilitam simular condições reais, dentro de uma faixa de incertezas, permitindo a apresentação das propostas com melhor desempenho quanto aos objetivos propostos para o ótimo gerenciamento dos recursos naturais.

Atualmente, um dos modelos matemáticos de qualidade da água mais amplamente utilizados para a avaliação de impactos poluidores em curso d'água é o QUAL-2E desenvolvido pela United States Environmental Protection Agency (USEPA), que simula diversos parâmetros de qualidade da água em cursos de d'água ramificados e bem misturados, usando o método das diferenças finitas para a solução da equação unidimensional do transporte advectivo ou dispersivo e de reações dos constituintes do meio (Penteado, 2009).

Neste contexto, este trabalho analisa a compatibilização das cargas poluidoras com a capacidade mínima de autodepuração do riacho Mussuré, inserido na bacia do rio Gramame, no estado da Paraíba/ Brasil, através da simulação de cenários de tratamento de efluentes industriais, segundo o modelo matemático QUAL 2E.

METODOLOGIA

Localização da área de estudo, levantamento e estimativa de cargas poluidoras

Para quantificar as cargas poluidoras afluentes aos corpos hídricos, deve-se inicialmente definir a área de trabalho e realizar um levantamento *in loco*, das informações relevantes ao estudo.

Seguindo esta orientação, tem-se o riacho Mussuré situado em de João Pessoa, a capital do estado da Paraíba / Brasil (figura 1), como área de estudo.

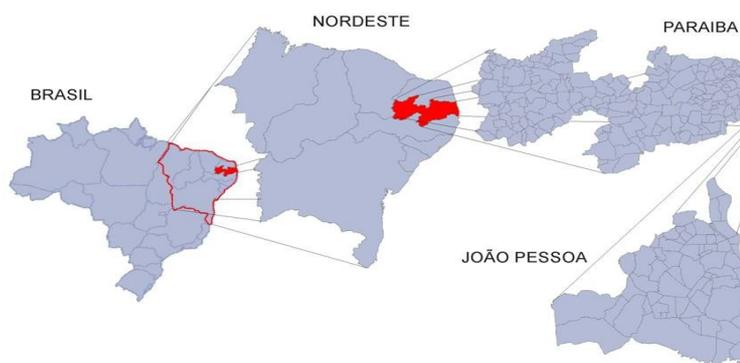


Figura 1: Localização do município de João Pessoa, estado Paraíba / Brasil. Fonte: SCIENTEC (2000)

O riacho Mussuré (figura 2), tem sua nascente no bairro dos Funcionários e deságua no rio Mumbaba, a sudoeste do Distrito Industrial de João Pessoa, localizado entre as latitudes 7°11' e 7°13' Sul e as longitudes 34°52' e 34°56' Oeste. De acordo com a Resolução CONAMA nº. 357/05 (Brasil,2005) esta enquadrado na classe 3 de qualidade de água doce.

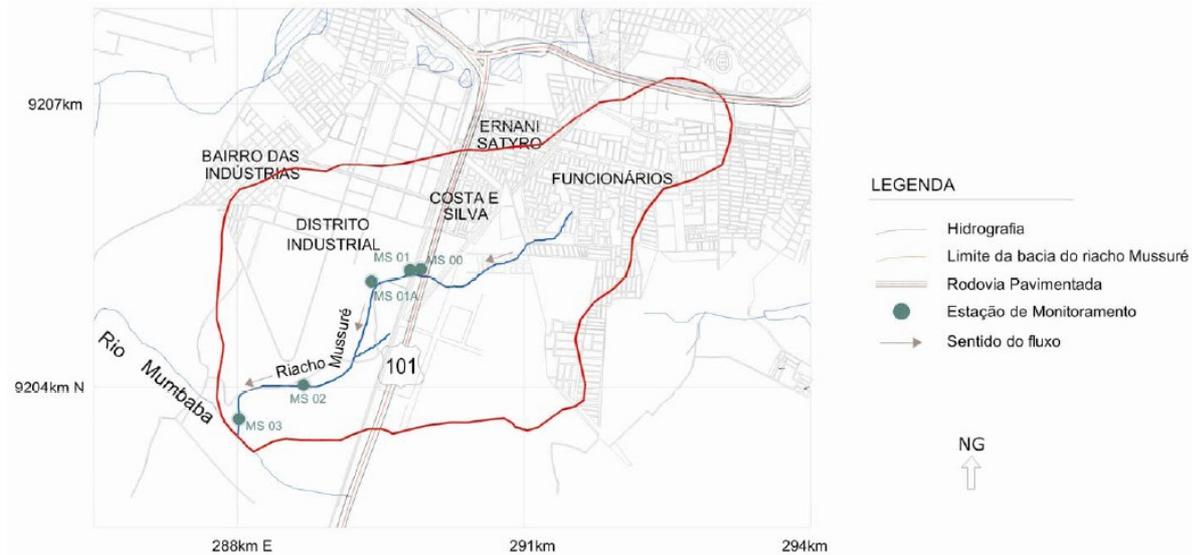


Figura 2: Localização do riacho Mussuré no município de João Pessoa. Fonte: Abrahão, 2006

O levantamento das cargas poluidoras foi realizado tomando como base o cadastro industrial, disponível em Abrahão (2006), complementado com os dados da Federação da Indústria do Estado da Paraíba (FIEP) atualizada no ano de 2008. Assim, obteve-se acesso a informações como a localização, quantidade de empregados, porte, atividade industrial e a vazão de efluentes, sendo nos casos indisponíveis, calculada através da vazão específica média de acordo com a tipologia industrial, conforme proposto em Sperling (1995).

Utilizando-se os dados de vazão obtidos no cadastro industrial e adotando-se a concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), proposta por Sperling (1995), calculou-se a carga por indústria, expressa em termos de massa (poluente) por unidade de tempo calculada através da equação 1.

$$carga \text{ em DBO (Kg/dia)} = \frac{concentração (g/m^3) \cdot vazão (m^3/dia)}{1000 (g/Kg)} \quad (Equação 1)$$

Os dados de qualidade da água do riacho Mussuré foram obtidos junto a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), que apresenta dentro de seu programa de monitoramento da qualidade de águas superficiais 05 estações (figura 2), conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1: Localização e descrição das estações de monitoramento no riacho Mussuré.

Estações	Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator)		Descrição
	Longitude (metro)	Latitude (metro)	
MS 00	0289921	9205243	Cinco metros a jusante da ponte da BR 101. Lançamentos de esgotos domésticos e efluentes de apenas uma indústria estão a montante.
MS 01	0289808	9205232	Cinco metros a montante do tributário que drena a margem esquerda do riacho Mussuré. Há possibilidade de

			lançamentos industriais clandestinos a montante.
MS 01 A	0289405	9205117	Grande quantidade de efluentes industriais, principalmente de malharias, gráficas e de beneficiamento de algas, é lançada a montante..
MS 02	0288694	9204020	Os batentes de aeração de uma indústria de bebidas, responsável pelo maior volume de efluentes lançados no riacho, estão cinco metros a jusante. O lançamento da rede de efluentes industriais do Distrito está à montante
MS 03	0288017	9203657	Dez metros a montante da confluência com o rio Mumbaba. Os efluentes de todas as indústrias são lançados a montante desta estação.

Fonte: SUDEMA- Superintendência de Administração do Meio Ambiente - PB

Medição de Vazão

A medição de vazão foi realizada em três seções do riacho Mussuré, sendo estas localizadas nas imediações da nascente, no meio do riacho e próxima da confluência com o rio Mumbaba, utilizando-se da equação da continuidade (equação2).

$$Q = V \times A$$

(Equação2)

Onde na equação 2, Q (m³.s⁻¹) representa a vazão, V (m.s⁻¹) a velocidade do fluxo d'água e A (m²) a área da seção transversal.

Modelagem Matemática

O modelo matemático utilizado no desenvolvimento do trabalho foi o QUAL 2E, sendo este aplicado para rios e capaz de simular simultaneamente 15 parâmetros de qualidade da água: Oxigênio Dissolvido (OD), DBO, temperatura, alga (clorofila A), nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato, fósforo orgânico, fósforo dissolvido, coliformes, possuindo um constituinte não conservativo e outros três conservativos. Ele simula situações de mistura completa em uma dada seção do rio e assume que os mecanismos de transporte (advecção e dispersão) são significativos apenas na direção principal do escoamento. O modelo consegue trabalhar com múltiplas descargas de efluentes, tributários, incremento e decremento de vazão. Hidraulicamente, o QUAL 2E trabalha com escoamentos permanentes e uniformes em cada trecho.

No trabalho, o QUAL 2E foi utilizado em suas componentes de OD e DBO. A equação3 representa o transporte de massa básica utilizada pelo modelo.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial \left(A_x D \frac{\partial C}{\partial x} \right)}{\partial x} - \frac{\partial (A_x \bar{U} C)}{\partial x} + A_x \frac{dC}{dx} + S \quad (\text{Equação3})$$

Onde, M é massa, x é distância, t o tempo, C a concentração, A_x é a área da seção, DL o coeficiente de dispersão, U a velocidade média e S a fonte ou sumidouro externo. O termo do lado esquerdo da equação representa a variação local do componente, o primeiro termo do lado direito da igualdade representa a dispersão, o segundo a advecção e o terceiro descreve os processos de troca e a variação de um constituinte em função de si mesmo ou de outro e, o quarto, a fonte ou sumidouro externo. A equação3 é aplicada a cada um dos constituintes, gerando um sistema de equações a ser calculado por trecho. As

características hidráulicas do escoamento são calculadas com auxílio da equação de Manning ou por ajuste de curva chave da seção.

A dispersão pode ser calculada utilizando a expressão de Fisher, apresentada na equação 4.

$$D_L = 3.82Kn\bar{U}d^{\frac{5}{6}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde, K é a constante de dispersão, n o número de Manning, U a velocidade média e d a profundidade média do escoamento. Nesta equação, o comprimento é expresso em pé e o tempo em segundo.

As constantes cinéticas do modelo são ajustadas as temperaturas, expressas em Celsius, pela Equação 5:

$$k = k_{20} \theta^{(T-20)} \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo o valor de θ função do tipo de constituinte, k_{20} é o valor da constante a 20°C.

O modelo foi utilizado considerando-se a reaeração da água pelo compartimento atmosférico, tendo como parâmetro cinético o K_2 calculado pela equação de O'Connor e Dobbins, escolhida entre as oito equações de reaeração disponibilizadas pelo QUAL 2E. Essa equação foi escolhida pelo fato de ser a que melhor se ajusta à faixa de variação das profundidades e velocidades ocorrentes no riacho em estudo. A concentração de saturação do oxigênio dissolvido foi calculada por equação que tem como variável apenas a temperatura, já que outros aspectos que influenciam a concentração de saturação, tais como a concentração dos sólidos dissolvidos totais não é objeto de análise do modelo.

O parâmetro cinético do decaimento da DBO (K_2) foi avaliado com auxílio da literatura. Devido a este fato, simulações com diferentes valores de decaimento foram realizadas com o objetivo da análise de sensibilidade.

Para a aplicação do QUAL 2E, o riacho Mussuré, que compreende 5 km, foi dividido em 07 trechos: NASCENTE; EXUTÓRIO; TR1; TR2; TR3; TR4 e TR5. No trecho NASCENTE, EXUTÓRIO e TR5 não foi considerado lançamento de nenhum tipo de efluente, enquanto que os demais são receptores de cargas poluidoras.

Como o principal objetivo do trabalho foi o de verificar a capacidade de autodepuração do riacho Mussuré, foram simulados diversos cenários, de cargas poluidoras, baseados na eficiência do tratamento dos efluentes industriais antes de serem lançados no mesmo.

Em cada simulação realizada foi atribuída, de forma igual, a mesma eficiência de tratamento em todos os trechos do riacho, buscando obter o cenário em que o Mussuré desaguasse no rio Mumbaba já na zona de águas limpas do processo de autodepuração.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando-se a localização das indústrias, a tabela 2 apresenta as cargas orgânicas total e a vazão efluente industrial calculada e ou estimada para cada um dos 04 trechos do riacho Mussuré admitidos como receptores das mesmas, ou seja, TR1; TR2; TR3; TR4.

Tabela 2: Vazão industrial de lançamento e carga orgânica em cada trecho do riacho Mussuré

Trecho	Percurso (Km)	Vazão de lançamento (L s ⁻¹)	Carga orgânica DBO (kg dia ⁻¹)
Nascente	0,71	-	-
TR1	1,43	9,41	787,84
TR2	2,14	24,00	24444,01
TR3	2,86	102,43	8981,37
TR4.	3,57	68,91	4290,94
TR5	4,29	-	-
Exutório	5,00	-	-

A tabela 3 apresenta os parâmetros OD e DBO de qualidade da água do riacho Mussuré. Foram obtidos a partir dos dados da SUDEMA e da construção de dez cenários combinando, para cada trecho do riacho, a vazão do mesmo e os níveis de tratamento dos efluentes industriais, considerando as cargas poluidoras lançadas, segundo a tabela 2.

Tabela 3: Resultado da aplicação dos cenários de eficiência do tratamento dos efluentes industriais lançados no riacho Mussuré

Cenários		0%		10%		20%		30%		40%	
Perc. (km)	Trecho	OD mgL ⁻¹	DBO mgL ⁻¹								
0,71	Nascente	5,49	1,08	5,49	1,07	5,49	1,07	5,49	1,06	5,49	1,06
1,43	TR1	6,33	54,12	6,35	48,80	6,37	43,49	6,38	38,18	6,40	32,87
2,14	TR2	6,09	165,03	6,15	148,62	6,20	132,21	6,26	115,79	6,32	99,38
2,86	TR3	4,18	436,18	4,33	392,62	4,48	349,07	4,62	305,51	4,77	261,95
3,57	TR4	3,23	508,76	3,46	457,93	3,70	407,11	3,94	356,29	4,18	305,46
4,29	TR5	2,99	498,94	3,32	449,10	3,65	399,26	3,98	349,42	4,30	299,58
5,00	Exutório	2,85	489,47	3,24	440,58	3,63	391,69	4,01	342,80	4,40	293,91
Cenários		50%		60%		70%		80%		90%	
Perc. (km)	Trecho	OD mgL ⁻¹	DBO mgL ⁻¹								
0,71	Nascente	5,49	1,05	5,49	1,05	5,49	1,04	5,49	1,04	5,49	1,03
1,43	TR1	6,41	27,56	6,43	22,25	6,45	16,93	6,46	11,62	6,48	6,31
2,14	TR2	6,37	82,97	6,43	66,55	6,49	50,14	6,55	33,73	6,60	17,32
2,86	TR3	4,92	218,40	5,07	174,84	5,22	131,29	5,37	87,73	5,51	44,18
3,57	TR4	4,42	254,64	4,66	203,82	4,90	153,00	5,14	102,17	5,38	51,35
4,29	TR5	4,63	249,75	4,96	199,91	5,29	150,07	5,61	100,23	5,94	50,39
5,00	Exutório	4,78	245,02	5,17	196,13	5,56	147,24	5,94	98,35	6,33	49,46

A figura 3 mostra, para o riacho Mussuré, o perfil de OD como resultado das simulações realizadas, para os diversos cenários de eficiência do tratamento considerados (tabela 3). Observa-se que, no início do seu curso (nascente), o Mussuré apresenta, mesmo para o cenário, sem tratamento, ou seja, 0% de eficiência do tratamento dos efluentes, concentração de OD acima do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de classe 3, na qual está inserido o referido riacho. Isso ocorre porque, além de se tratar da nascente do riacho (região em geral mais livre de poluição), o lançamento de cargas poluidoras no trecho inicial de rios é uma das restrições do modelo matemático aplicado no estudo, o QUAL 2E.

Para a condição atual do riacho (sem tratamento dos efluentes industriais), com a entrada de cargas poluidoras ao longo do seu percurso, verifica-se uma queda do OD a valores abaixo do mínimo definido pela legislação e assim permanece até a confluência com o rio Mumbaba. Esse padrão de comportamento, do parâmetro citado, também se mantém (embora evoluindo positivamente) nas simulações de cenários para 10%, 20% e 30% de eficiência do tratamento. Somente a partir da redução da carga poluidora em 40% é que o OD atinge (ainda que baixo) valores em concordância com a Resolução 357 do CONAMA, em todo seu percurso, demonstrando a tendência da capacidade de assimilação de cargas poluidoras remanescentes do tratamento de efluentes, pelo Mussuré. Somente a partir da eficiência de 70%, do tratamento, nas condições de vazão apresentada, é que o OD atinge novamente o seu valor inicial (na nascente).

Vale salientar que o cenário, cuja eficiência na redução de cargas poluidoras seja de 70%, pode não acontecer, na prática. Isso ocorre porque, além de ser muito complexo e oneroso o tratamento de efluentes, em conjunto, quando se tem uma ampla variedade de gêneros de indústria, grande parte dos empreendimentos deixam de adotar sistemas de tratamento adequados e eficientes dos seus efluentes para não onerar o custo do produto final.

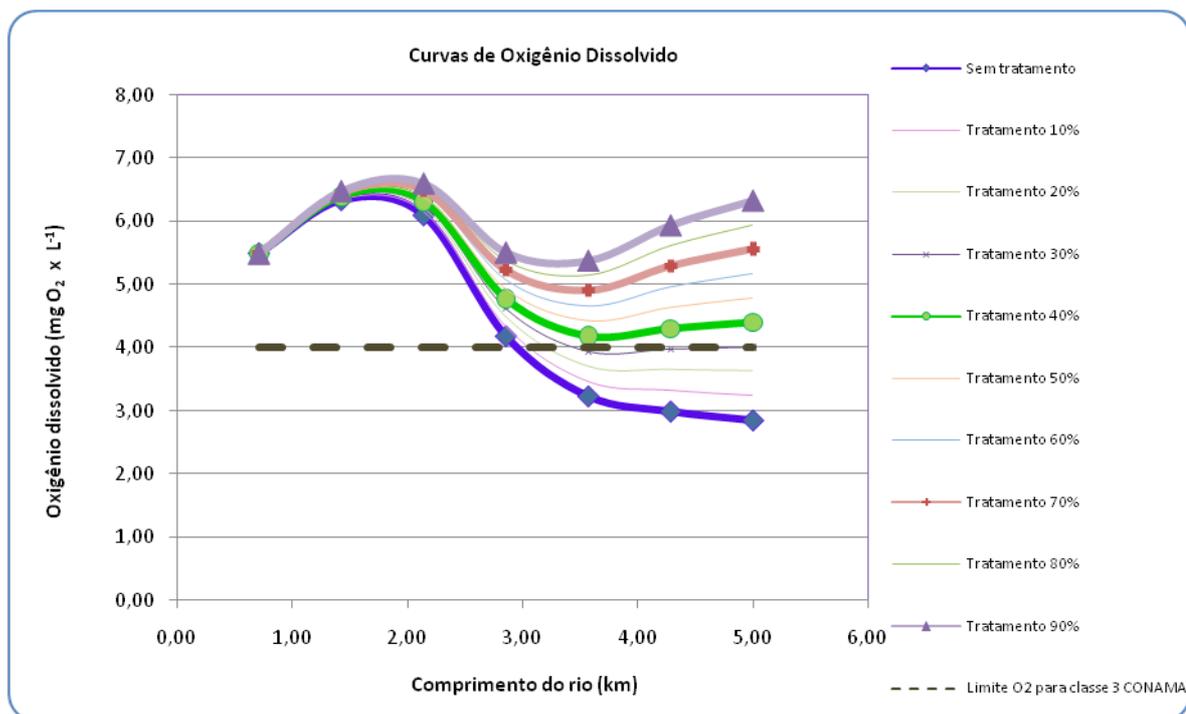


Figura 3: Perfil de OD do riacho Mussuré para os diversos cenários considerados

O perfil da DBO do riacho Mussuré, para os diversos cenários considerados (tabela 3), pode ser observado na figura 4. Verifica-se, para o parâmetro citado, valores acima do máximo permitido pela legislação, já no trecho TR1 (próximo a nascente) em, praticamente, todos os cenários de tratamento analisados. Somente quando a eficiência do tratamento for de 90% é que a DBO do Mussuré, em TR1, vai estar abaixo de $10,0\text{mgL}^{-1}$ e, portanto, em concordância com a Resolução 357 do CONAMA, para corpos hídricos da classe 3, de água doce. Conforme comentado, essa eficiência, na prática, é quase impossível pelos motivos já citados.

Pela figura 4 também se verifica que, a situação do Mussuré só é agravada ao longo do seu percurso. Mesmo na simulação de cenário considerando uma eficiência do tratamento de 90% na redução das cargas poluidoras lançadas, a DBO ainda apresenta-se elevada ($49,46\text{mgL}^{-1}$) e acima do valor máximo permitido pela referida Resolução.

Assim, no que se refere ao fenômeno de autodepuração, o riacho Mussuré apresenta uma capacidade de assimilação de cargas poluidoras (nas condições de vazão apresentada) bem aquém daquela que lhe é lançada estando ainda com DBO elevada quando deságua no rio Mumbaba. No entanto, analisando, conjuntamente, o comportamento dos parâmetros OD e DBO (figuras 3 e 4) de qualidade da água do riacho Mussuré, frente aos dez cenários estudados verifica-se que, para 70% de eficiência do tratamento dos efluentes, o OD atinge, na confluência, seu valor inicial (da nascente) enquanto que a DBO ainda continua elevada ($147,24\text{mgL}^{-1}$) o que é, de certa forma, incoerente carecendo de uma análise mais acurada.

O fato de o riacho Mussuré desaguar no rio Mumbaba com DBO elevada é preocupante porque, indiretamente, essa carga poluidora pode chegar ao rio Gramame, que abastece várias comunidades ribeirinhas (pondo em risco a saúde da população, a jusante do reservatório de Gramame/Mamuaba) e deságua no mar, mais precisamente na praia Barra de Gramame.

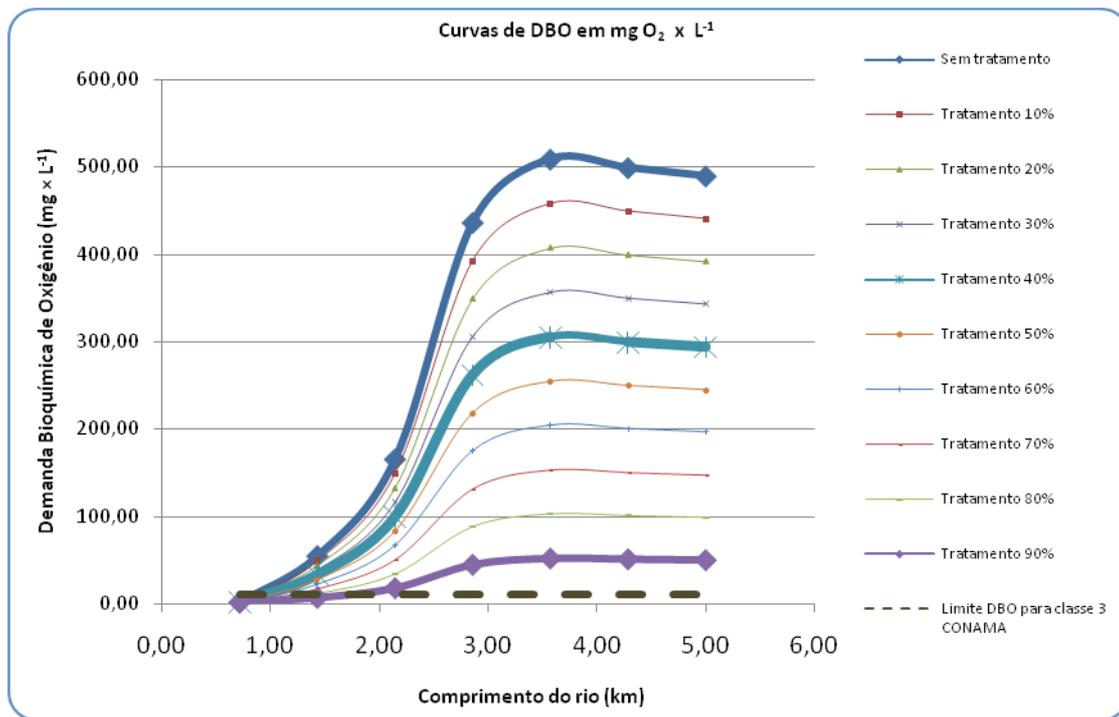


Figura 4: Perfil de DBO do riacho Mussuré para os diversos cenários considerados

CONCLUSÃO

A concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) ficou superior ao nível (imposto pelo CONAMA) nos cenários acima de 40% de eficiência no tratamento dos efluentes industriais, apesar de valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Com relação ao parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD), as simulações feitas conduzem à indicação de que se pode admitir cargas no riacho Mussuré desde se obtenha uma eficiência de, pelo menos, 70% no tratamento.

No que se refere ao fenômeno de autodepuração, o riacho Mussuré apresenta uma capacidade de assimilação de cargas poluidoras (nas condições de vazão apresentada) bem aquém daquela que lhe é lançada estando ainda com DBO elevada quando deságua no rio Mumbaba.

O fato de o riacho Mussuré desaguar no rio Mumbaba com DBO elevada é preocupante porque, indiretamente, essa carga poluidora pode chegar ao rio Gramame, que abastece várias comunidades ribeirinhas (pondo em risco a saúde da população, a jusante do reservatório de Gramame/Mamuaba) e deságua no mar, mais precisamente na praia Barra de Gramame.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, R. **Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do riacho Mussuré**. João Pessoa: PRODEMA- UFPB, 2006.

BRASIL. Leis, decretos, etc. **Resolução no 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/recursos_hidricos/cnrh>. Acesso em 10 de junho. 2010

MOTA, S. **Preservação de Recursos Hídricos**. ABES: Rio de Janeiro, 222p. 1988.

MOTA, S., **Introdução à Engenharia Ambiental**. 4ª ed. ABES: Rio de Janeiro, 2006. 416p

PENTEADO, E. D. **Modelagem da Qualidade da Água do Rio Monjolinho Utilizando o Modelo QUAL-2E: Ênfase em Matéria Orgânica**. São Carlos: EESC/USP, 2009

PDRH – Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame. SEMARH/SCIENTEC, 2000.

SUDEMA - **Superintendência de Desenvolvimento e Meio Ambiente (1988)** - DZ-201 - Classificação das Águas Interiores do Estado.

TUCCI, Carlos E, M. **Modelos Hidrológicos**, 2º Edição. Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998.

SPERLING, M. V. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento do Esgoto**. Belo Horizonte: DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental /UFMG. V. 1, 240p. 1995.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental /UFMG. v.1, 2.ed. 243p. 1996.

SPERLING, M. V. **Estudo e Modelagem da Qualidade de Água e de Rios**. Belo Horizonte: DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 2007.