

IV-058 - CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO ÁGUA DOS PAPAGAIOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO - PR

Eudes José Arantes⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de São Paulo. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Ana Carolina Monteiro Landgraf⁽²⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela UNIARARAS – Fundação Hermínio Ometto. Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Lucas Eduardo Ferreira da Silva⁽³⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Pablo Boniol Oliveira⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Paulo Agenor Alves Bueno⁽⁵⁾

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Doutor em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal do Paraná. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Endereço⁽¹⁾: Rua das Seringueiras, 398 - Jardim Casali – Campo Mourão - PR - CEP: 87301-483 - Brasil - Tel: (44) 99821-7752 - e-mail: eudesarantes@utfpr.edu.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de autodepuração do Rio Água dos Papagaios localizado no município de Campo Mourão - PR, que recebe efluentes de dois frigoríficos e de uma indústria têxtil, por meio de análises estatísticas. A coleta das amostras e de alguns dados foi realizada em campo em 5 dias distintos, com intervalos de uma semana, sendo que o trecho de rio analisado foi dividido em 5 pontos de coleta. As amostras coletadas foram analisadas em laboratório para medição de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e turbidez. Os dados de OD (oxigênio dissolvido) e temperatura foram mensurados com a utilização de uma sonda multiparamétrica diretamente no rio. Após a coleta dos dados, foram realizadas as análises estatísticas por meio dos testes de Kruskal-Wallis e de regressão, que serviram de base para avaliar os valores e concentrações dos parâmetros citados anteriormente, a fim de verificar a autodepuração do corpo hídrico. Foi possível observar que as concentrações de DBO, OD e turbidez encontram-se dentro dos valores permitidos para rios de água doce e os resultados apresentaram-se satisfatórios, indicando que o rio possui a capacidade de se autodepurar.

PALAVRAS-CHAVE: Autodepuração, Estatística, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido.

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais de maior destaque, sendo fundamental à vida, já que sua disponibilidade é imprescindível a qualquer tipo de existência no planeta, assim como para grande parte dos meios de produção. Contudo, a disponibilidade de água não está somente relacionada a sua quantidade, mas também a sua qualidade, devendo atender a parâmetros físicos, químicos e biológicos que sejam satisfatórios para suprir as necessidades de um determinado grupo de seres vivos (SARDINHA et al., 2008).

O desenvolvimento industrial, juntamente com o crescimento populacional e outras atividades humanas exigem cada vez mais o uso da água. O aumento na demanda por esse recurso resulta na geração de resíduos líquidos que são muitas vezes lançados *in natura* nos corpos hídricos, alterando suas características naturais (TELES; SILVEIRA, 2006).

Segundo Von Sperling (2005), "a introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido". Isso ocorre devido aos processos de estabilização da matéria orgânica que são realizados por meio das bactérias decompositoras, pois utilizam o oxigênio disponível no meio líquido

para sua respiração. A redução da concentração de oxigênio dissolvido tem várias consequências do ponto de vista ambiental, configurando-se uma das principais problemáticas de poluição das águas em nosso meio.

Em linhas gerais, "o fenômeno da autodepuração está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes" (VON SPERLING, 2005). Pode-se considerar que uma água esteja depurada quando as suas características não se encontram em desacordo com o seu tipo de utilização. Por exemplo, uma água pode ser considerada depurada, mesmo não estando totalmente purificada em termos higiênicos, apresentando até organismos patogênicos.

O interesse em estudar a autodepuração do Rio Água dos Papagaios, é verificar se os despejos de efluentes provenientes de indústrias (frigoríficos e indústria têxtil), que se encontram próximas ao curso d'água em questão, estão prejudicando seu processo de autodepuração. Desse modo, o objetivo do presente trabalho é avaliar a capacidade de autodepuração do Rio Água dos Papagaios, utilizando dados de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), turbidez e temperatura, com base em análises estatísticas e em parâmetros de qualidade da água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Rio Água dos Papagaios, situado na Bacia Hidrográfica Água dos Papagaios, que se encontra no município de Campo Mourão – PR (Figura 1). A bacia possui uma área de 30,93 km² e um perímetro de 24,93 km, contendo o total de 18.587,107 km de extensão de rios, sendo cinco de ordem 1, dois de ordem 2 e um de ordem 3 (LUZ et al., 2011). A bacia está localizada próxima a culturas agrícolas e em alguns trechos há a presença de residências e indústrias. O Rio Água dos Papagaios recebe efluentes de dois frigoríficos e de uma indústria têxtil, localizados próximos a sua margem.

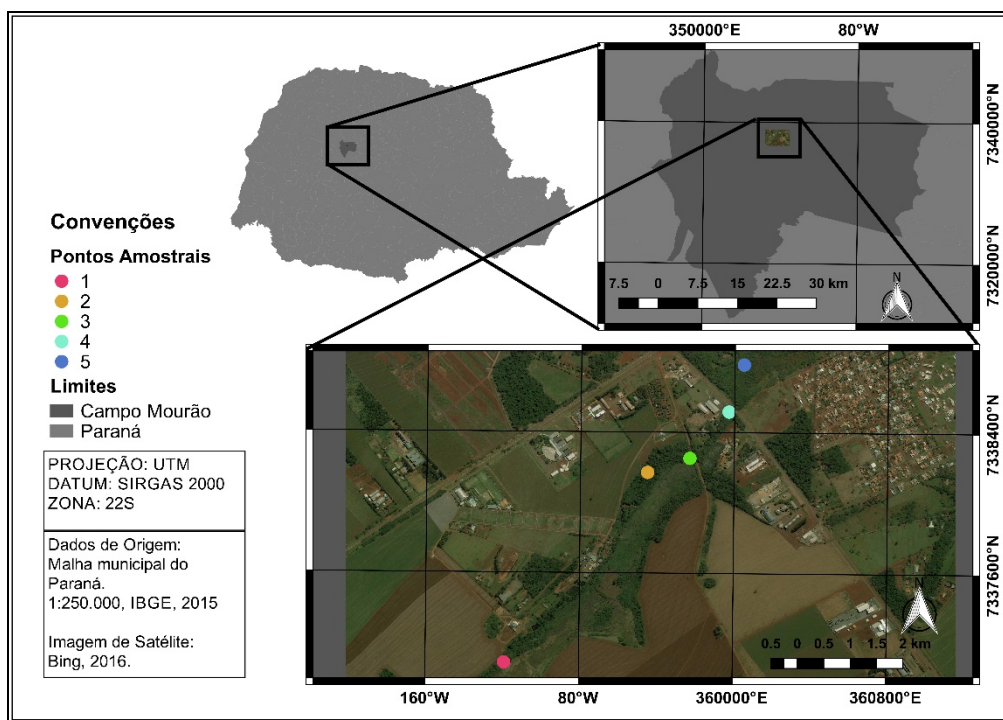


Figura 1: Localização do Rio Água dos Papagaios no município de Campo Mourão-PR.

Primeiramente, como ilustrado na Figura 1, determinaram-se cinco pontos diferentes de coleta ao longo do rio, sendo divididos em ponto 1 (antes dos despejos dos efluentes), pontos 2 e 3 (após o lançamento dos dois frigoríficos), e pontos 4 e 5 (após o lançamento do efluente têxtil), totalizando 2,29 km de extensão o trecho estudado.

As coletas foram realizadas em um total de cinco dias, com intervalo de sete dias entre elas. As amostras coletadas foram armazenadas em recipientes de plástico e levadas ao laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão, para a realização das análises de DBO e turbidez, que ocorreram no mesmo dia, seguindo as metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21 th. Por meio de medições realizadas com sonda multiparamétrica YSI 650 MDS, diretamente nos pontos de coleta, obtiveram-se os valores de OD e temperatura.

Verificou-se também a qualidade da água, havendo a comparação dos dados obtidos com a resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), alterada pelas resoluções 410/2009 e 430/2011, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A análise estatística dos dados foi realizada com o uso do teste estatístico não paramétrico de Kruskal Wallis, para verificar a variação dos valores de OD e DBO ao longo do trecho estudado, bem como o uso da análise de regressão, para verificar a associação entre as variáveis OD, DBO e temperatura, utilizando o programa de regressão ajustamento de curvas.

RESULTADOS OBTIDOS

Os valores das médias e desvios dos níveis de OD e DBO estão dispostos nas Tabelas 1 e 2. Os dados foram obtidos a partir de cinco coletas em cada um dos cinco pontos do rio. O clima durante esse período estava ensolarado ou nublado e quente, e somente na terceira coleta as temperaturas se encontravam mais baixas. A temperatura durante as coletas se manteve entre 16,37 e 21,81 °C.

Tabela 1: Estatística descritiva dos dados de OD nos cinco pontos do Rio Água dos Papagaios.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Mínimo	7,35	7,17	7,07	6,97	7,16
Máximo	8,32	8,35	8,33	8,41	8,31
Média Aritmética	7,8680	7,6420	7,6940	7,6320	7,7520
Variância	0,2204	0,2860	0,3566	0,3573	0,2178
Desvio Padrão	0,4694	0,5348	0,5972	0,5977	0,4667

Tabela 2: Estatística descritiva dos dados de DBO nos cinco pontos do Rio Água dos Papagaios.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Mínimo	0,3520	0,1970	0,3300	0,2030	0,2320
Máximo	2,8510	3,3180	3,3370	5,4130	2,0870
Média Aritmética	1,1724	1,3934	1,2022	2,0838	1,3978
Variância	1,0105	1,5316	1,5280	4,2421	0,5286
Desvio Padrão	1,0052	1,2376	1,2361	2,0596	0,7270

Os resultados obtidos para OD, DBO e turbidez estão ilustrados nas Figuras 2, 3 e 4 com as respectivas comparações com a Resolução CONAMA 357/2005.

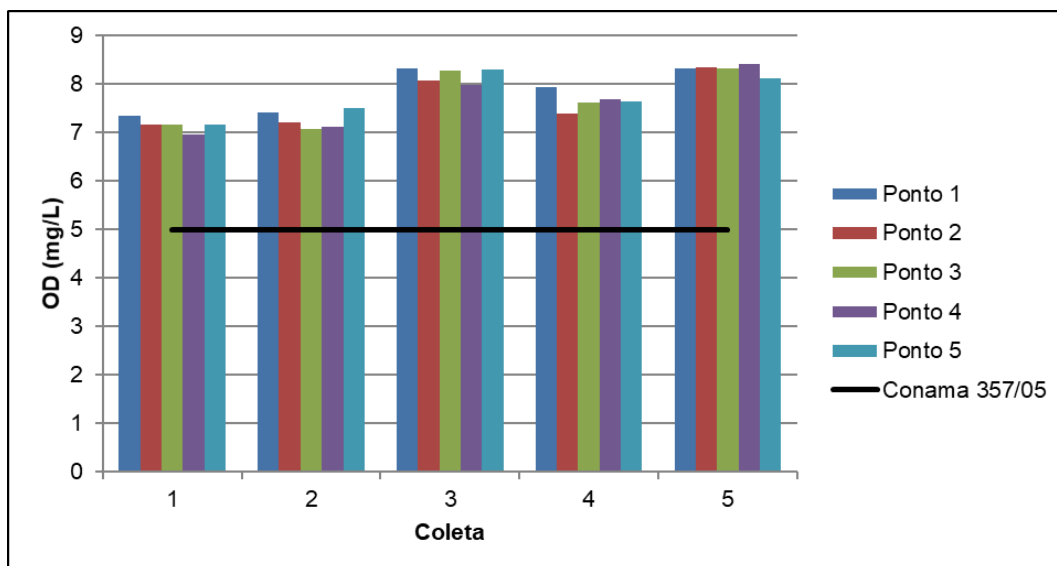


Figura 2: Valores de OD das cinco coletas em cada um dos pontos analisados.

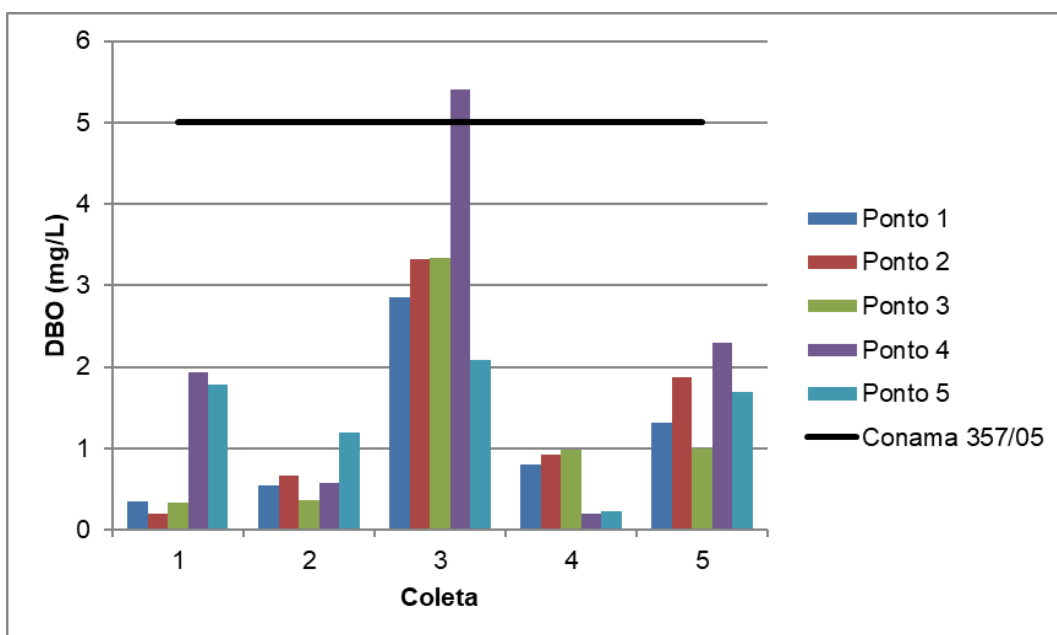


Figura 3: Valores de DBO das cinco coletas em cada um dos pontos analisados.

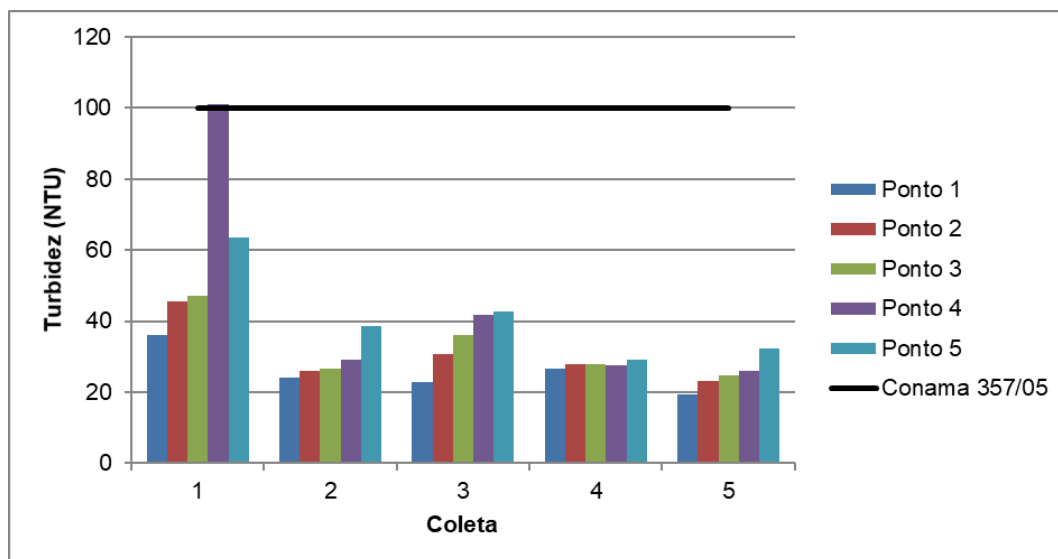


Figura 4: Valores de Turbidez das cinco coletas em cada um dos pontos analisados.

Para a análise da variação ou não dos parâmetros OD e DBO, realizou-se o teste de Kruskal-Wallis. Os resultados são apresentados na Tabela 3 e Figuras 5 e 6.

Tabela 3: Resultados do teste de Kruskal-Wallis para OD e DBO.

	Resultados	
	OD	DBO
H	0.6781	0.7606
Graus de liberdade	4	4
(p) Kruskal-Wallis	0.9540	0.9436

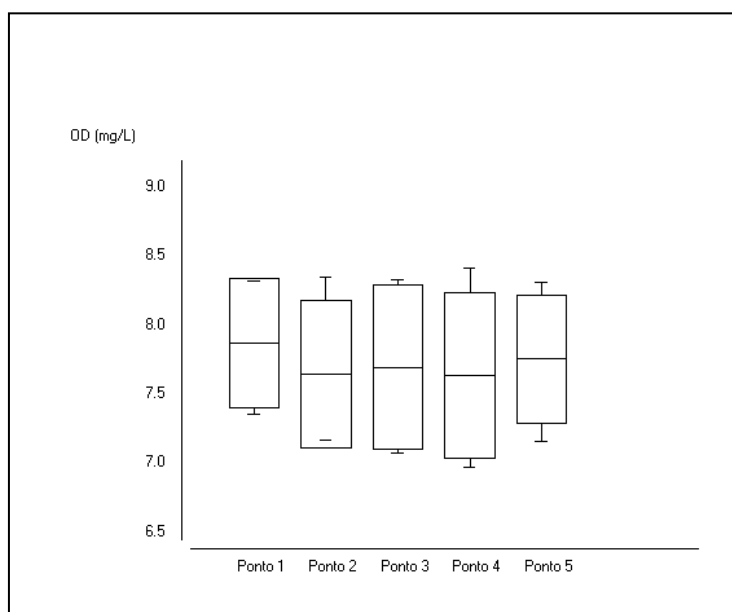


Figura 5: Valores de OD nos cinco pontos ao longo do Rio Águas dos Papagaios.

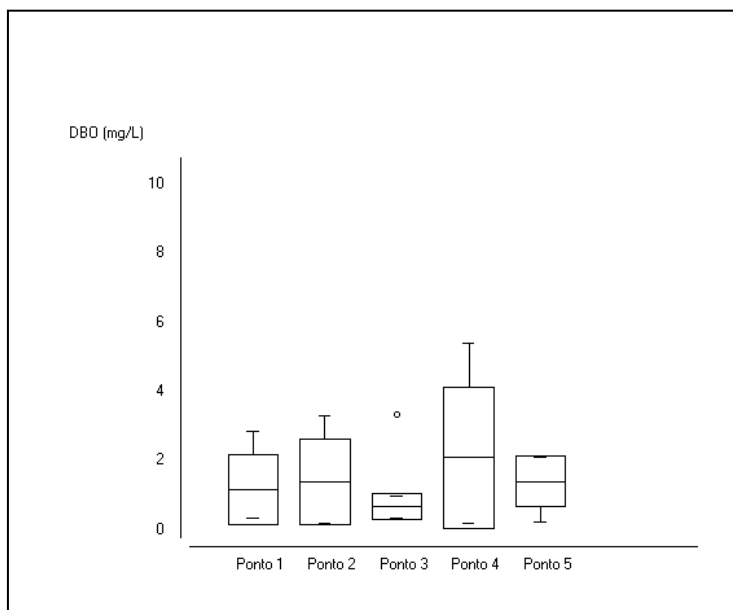


Figura 6: Valores de DBO nos cinco pontos ao longo do Rio Águas dos Papagaios.

A análise de regressão é uma das técnicas mais úteis na hidrologia, pois referem-se ao conhecimento da associação e do grau de associação entre duas ou mais variáveis. Nas Tabelas 4, 5 e 6 e Figuras 7, 8 e 9, estão dispostos os resultados da análise de regressão entre as variáveis de OD, DBO e temperatura.

Tabela 4: Resultados da análise de regressão de OD e DBO.

	Regressão Linear	Regressão Exponencial	Regressão Logarítmica	Regressão Geométrica
Coef. regressão (b)	0.2072	0.0268	0.3082	0.0396
Coef. determinação (R²)	27.53%	27.30%	33.88%	33.29%
Equação	$Y' = a + bX$	$Y' = a * e^{(bX)}$	$Y' = a + b * \ln(X)$	$Y' = a * X^b$
(p)	0.0071	0.0073	0.0023	0.0025

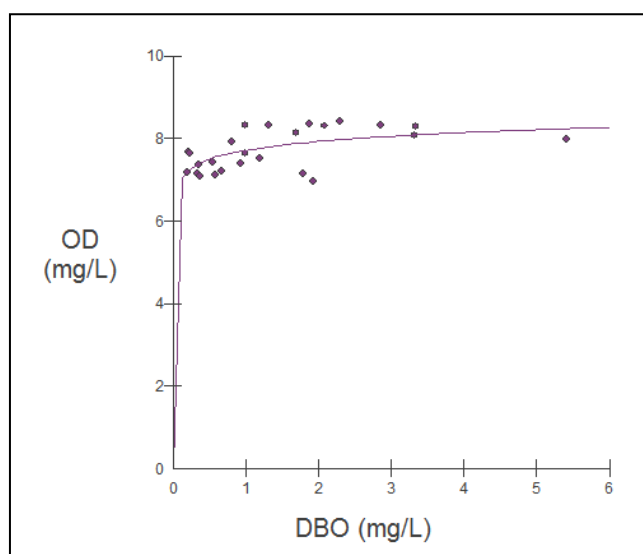


Figura 7: Análise de regressão logarítmica dos valores de OD e DBO.

Tabela 5: Resultados da análise de regressão de DBO e Temperatura.

	Regressão Linear	Regressão Exponencial	Regressão Logarítmica	Regressão Geométrica
Coef. regressão (b)	-0.2683	-0.2128	-5.9181	-4.6984
Coef. determinação (R ²)	40.46%	45.75%	40.92%	46.39%
Equação	$Y' = a + bX$	$Y' = a * e^{(bX)}$	$Y' = a + b * \ln(X)$	$Y' = a * X^b$
(p)	0.0006	0.0002	0.0006	0.0002

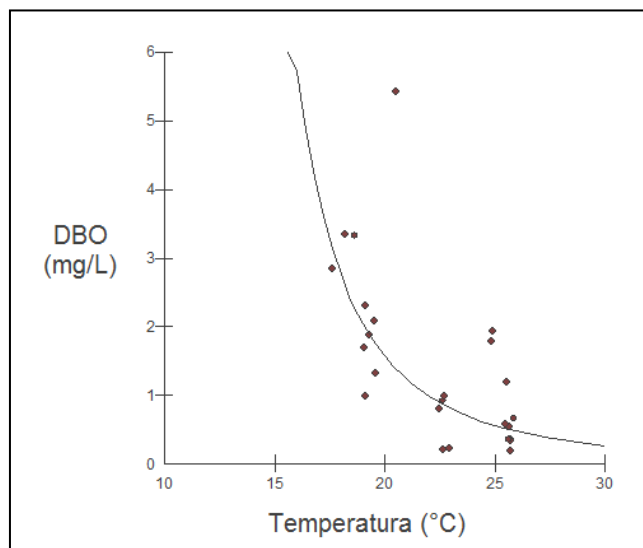


Figura 8: Análise de regressão geométrica dos valores de DBO e Temperatura.

Tabela 6: Resultados da análise de regressão de OD e Temperatura.

	Regressão Linear	Regressão Exponencial	Regressão Logarítmica	Regressão Geométrica
Coef. regressão (b)	-0.1566	-0.0203	-3.4263	-0.4431
Coef. determinação (R ²)	88.36%	87.95%	87.98%	87.49%
Equação	$Y' = a + bX$	$Y' = a * e^{(bX)}$	$Y' = a + b * \ln(X)$	$Y' = a * X^b$
(p)	p < .00001	p < .00001	p < .00001	p < .00001

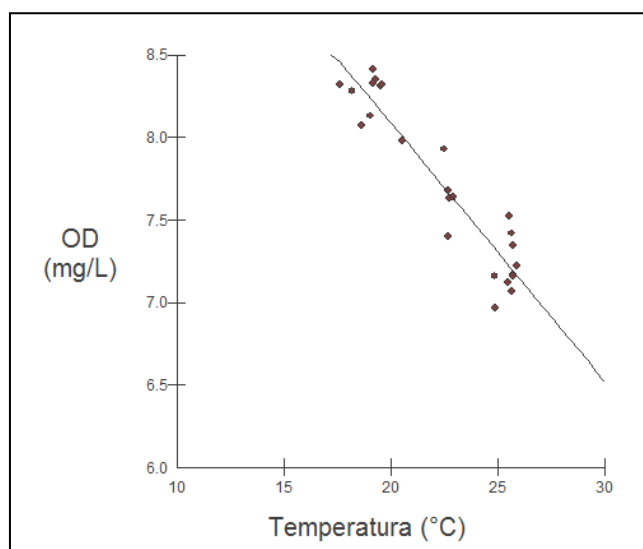


Figura 9: Análise de regressão geométrica dos valores de OD e Temperatura.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nota-se pela Tabela 1, que os valores de OD, tanto as suas médias quanto o menor valor obtido (6,97), encontram-se dentro do padrão estabelecido pela Resolução 357 de 2005 do CONAMA, em que rios de classe 2 devem apresentar quantidades de OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L. Isso também é evidenciado pela Figura 1, em que é possível observar a comparação entre o padrão estabelecido pela resolução com os valores de oxigênio dissolvido obtidos. Os coeficientes de variação deste parâmetro mostram que há uma baixa variabilidade da amostra, indicando grande representatividade das médias em questão.

Com relação aos valores de DBO, dispostos na Tabela 2 e Figura 3, observa-se que com exceção do ponto 4 da coleta 3, os demais resultados estão de acordo com a Resolução 357 (DBO de um rio de classe 2 até 5 mg/L). Essa maior concentração no ponto 4 da terceira coleta realizada, pode ser explicada pela proximidade com os frigoríficos e possivelmente devido a ocorrência de uma chuva forte dois dias antes da coleta, de 55 mm (INSTITUTO..., 2016), que aumentam a concentração de matéria orgânica presente na água.

A Resolução 357 estabelece que a turbidez deve ter um valor máximo de 100 NTU para rios da classe supracitada. Observando a Figura 4, verifica-se que os valores de turbidez em todos os pontos estão atendendo ao parâmetro estabelecido.

O valor de H, disposto na Tabela 3, não é significativo, com $p = 0,9540$, demonstrando que os valores de OD não variam de forma significativa entre os pontos e que dessa forma não existem fatores que interferem no consumo ou no aumento do OD ao longo do rio significativamente. O mesmo pode ser visto na Figura 5, em que os box plot, representam cada um desses pontos, evidenciando a proximidade dos valores entre os pontos analisados.

Observa-se na Figura 5, que os valores de OD encontram-se entre 6,97 e 8,41, sendo que os valores mais altos foram observados nas 3ª e 5ª coletas, que apresentaram temperaturas mais baixas nesses dias, com mínima de 17,61 °C. A diminuição da temperatura causa uma diminuição da velocidade da reação de oxidação da matéria orgânica, e consequentemente a diminuição do consumo de OD pelas bactérias aeróbias. A maior similaridade dos valores em todos os pontos pode ser explicada devido aos efluentes despejados não interferirem de forma significativa na qualidade da água do rio, fazendo com que o corpo hídrico consiga manter um nível semelhante de oxigênio dissolvido ao longo do trecho estudado.

Com base nos resultados do teste de Kruskal-Wallis, dispostos na Tabela 3, pode-se dizer que os dados de DBO analisados não apresentam variação significativa entre os pontos, com $p > 0,05$. Essa menor variabilidade, da mesma forma que ocorre com os valores de OD, pode ser explicada devido a baixa interferência do lançamento de efluentes na qualidade da água do rio, permitindo que o mesmo consiga manter uma concentração semelhante de matéria orgânica ao longo do trecho estudado.

Na Tabela 4, observa-se que o modelo que melhor representou a relação entre as variáveis de OD e DBO foi a regressão logarítmica, pois apresentou o maior coeficiente de determinação dentre os modelos de regressão. Pode-se observar também, que como p foi significativo ($< 0,05$), indicando que os valores de OD variam de forma dependente aos valores de DBO, e que essa dependência segue uma função logarítmica, em que a partir do aumento da DBO, há um aumento nos valores de OD, que posteriormente se estabiliza. Entretanto, este não é o comportamento esperado para a relação de dependência destes parâmetros, pois com o aumento da DBO, deveria haver um decréscimo nos valores de OD, devido a utilização do oxigênio para a oxidação da matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia (COMPANHIA..., 2009).

Estes resultados poderiam ser explicados devido a influência de outros fatores que afetam a DBO, como a falta de nutrientes, impedindo a reprodução das bactérias necessárias para a degradação da matéria orgânica, e deficiência da população microbiana, já que há a necessidade de flora e fauna completa e de adaptação dos organismos ao meio.

Já com relação a análise de regressão para as variáveis DBO e temperatura, contidas na Tabela 5 e na Figura 8, verificou-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados obtidos foi o de regressão geométrica, em que o valor de p também foi significativo, demonstrando que a DBO sofre influência da temperatura.

Isso pode ser justificado pelo fato de que a maior parte das reações químicas sofre influência da temperatura, e a velocidade das reações bioquímicas de degradação da matéria orgânica (aeróbias e anaeróbias), aumenta com

a elevação da temperatura e diminui com a sua queda. Alguns organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica, temperaturas ótimas para crescimento e temperatura ideal para migração, desova e incubação dos ovos, o que também pode exercer influência sobre a DBO.

Porém, quando há a comparação dos resultados obtidos na análise de regressão de DBO e temperatura com a literatura, como nos trabalhos de Barros et al. (2010) e Matos (2012), nota-se que a tendência da DBO não deveria ser de diminuir com o aumento da temperatura, já que este aumento exerce influência no metabolismo microbiano, promovendo sua aceleração e um maior desenvolvimento das bactérias, o que deveria gerar um aumento nos valores de DBO até uma determinada faixa de valores.

Como pode-se verificar na Tabela 6, o modelo que melhor representou a relação entre OD e temperatura foi o de regressão linear, apresentando um valor de p altamente significativo, o que demonstra a influência da temperatura na quantidade de OD na água. Com base na Figura 9, nota-se que com o aumento da temperatura, há uma diminuição nos valores de OD, e isto ocorre devido ao fato de que a solubilidade de oxigênio na água diminui com o aumento da temperatura, enquanto que os processos de decomposição que consomem oxigênio se aceleram (JUNK e MELLO, 1990). Sendo assim, quanto maior a temperatura do corpo hídrico, menor será a disponibilidade de oxigênio no meio.

CONCLUSÕES

Com base nas estatísticas descritivas foi possível verificar que as variáveis DBO, OD e turbidez estão dentro dos padrões de qualidade da água do enquadramento estabelecidos pela Resolução 357 do CONAMA, sendo assim, o rio Água dos Papagaios, segundo estes parâmetros analisados, se enquadra nos limites de poluição prevista por lei, mesmo recebendo efluentes provenientes de três empreendimentos (dois frigoríficos e uma indústria têxtil), o que pode indicar que as empresas estão lançando os efluentes de acordo com os padrões definidos pela legislação ambiental, não extrapolando a quantidade de efluentes que o rio é capaz de suportar sem que as suas características naturais sejam prejudicadas, sendo possível assim sua autodepuração.

Portanto, segundo as análises estatísticas, verificou-se que os parâmetros analisados não variam significativamente ao longo do trecho estudado do rio, demonstrando que o corpo hídrico em questão consegue manter níveis de OD e DBO muito próximos, mesmo com os lançamentos citados, o que pode inferir sua capacidade de se autodepurar. Além disso, de acordo com análise de regressão realizada, notou-se que os parâmetros DBO, OD e temperatura apresentam relações entre si, exercendo influência sobre as características dos rios, o que consequentemente tem reflexos sobre o processo de autodepuração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T. de; TAGLIAFERRE, C.; ROCHA, F. A.; MOREIRA, D. A.; GOMES, D. P. P. Modelagem da demanda bioquímica de oxigênio, em um trecho do rio Turvo Sujo-MG, sob diferentes níveis de vazão. In: SIMPÓSIO DE MEIO AMBIENTE, 6., 2010, Viçosa. **Resumos...**, 2010. Disponível em: <<http://www.cbcn.org.br/simposio/2010/palestras/oxigenio.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2018.
2. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, alterada pelas Resoluções 410/2009 e 430/2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
3. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**, Apêndice E. Governo do estado de São Paulo, secretaria do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.
4. EATON, A. D; CLESCERI, L. S; RICE, E. W; GREENBERG, A. B. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 2005.1368 p.

5. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Gráficos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo%2Fgraficos>>. Acesso em: 18 jun. 2016.
6. LUZ, L. D., BELTRAMIN, R. H., MORIGI, J. D. B., BATISTA, M. D. R., COLAVITE, A. P. Análise integrada da paisagem: Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Água dos Papagaios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina. **Anais...** Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/VIII-013.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2018.
7. JUNK, W.J.; MELLO, J.A.S.N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na Bacia Amazônica Brasileira. Estudos Avançados, v. 4, n. 8, p. 126-143, 1990.
8. MATOS, M. P. de. **Efeito do binômio tempo-temperatura de incubação da amostra na demanda bioquímica de oxigênio de diferentes águas residuárias**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
9. SARDINHA, D. de S; CONCEIÇÃO, F. T. da; SOUZA, A. D. G. de; SILVEIRA, A; JULIO, M. de; GONÇALVES, J. C. de S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Revista Engenharia Ambiental Sanitária**. Vol. 13 - nº 3 - jul/set 2008, 329-38.
10. TELES, R. B.; SILVEIRA, A. "Autodepuração de Escoamentos Naturais de Água" Estudo de Caso: de Modelagem Matemática em um Trecho do Ribeirão Preto, Ribeirão Preto-SP. In: XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, 2006, Uruguai. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR08489_Teles.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.
11. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005.