

**A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e possíveis fatores de influência nos processos em águas superficiais do Rio São Francisco Verdadeiro – Paraná**

Ana Carla Casagrande Poersch, Nyamien Yahaut Sebastien, Juliana Taborda, Jean Colombari Neto, Michelly Maira Caovilla, Carlos Alexandre da Fonseca

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua da Faculdade, 645, 85903-000, Toledo, PR.

E-mail autor correspondente: ana.poersch96@gmail.com

Artigo enviado em 05/11/2019, aceito em 12/12/2019.

**Resumo:** Estudar e conhecer de forma sucinta as formas como diferentes parâmetros podem influenciar uma variável ambiental é de extrema importância para a compreensão dos processos existentes meio aquático. O presente trabalho busca compreender e relacionar variáveis que, de alguma forma, influenciem as concentrações da DBO no ambiente. Foram realizadas análises de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Temperatura (°C) e Clorofila-*a* no Rio São Francisco Verdadeiro, buscando correlacioná-las com a DBO (Correlação de Pearson). A temperatura não apresentou correlações significativas ao processo e, demonstrou-se um padrão de aumento da DBO com o acréscimo das concentrações de STD ( $R^2=0,894$ ) e uma relação inversamente proporcional entre a Clorofila-*a* e a DBO ( $R^2= -0,854$ ). Os valores de Clorofila-*a* (mg/L), são inversamente proporcionais aos da Demanda Bioquímica de Oxigênio, indicando a presença de matéria orgânica não degradada no meio. Dessa forma, ambientes com elevadas concentrações de DBO podem vir à limitar o estabelecimento da nova comunidade fitoplânctonica. Além disso, as concentrações elevadas de Sólidos Totais Dissolvidos indicam a possível presença de fontes difusas e pontuais de poluição na medida em que o rio segue seu curso natural, correlacionadas com a demanda de oxigênio necessária à degradação destes compostos.

**Palavras-chave:** Poluição Orgânica; Microrganismos Aeróbicos; Pequena Central Hidrelétrica.

**The Biochemical Oxygen Demand (BOD) and possible factors of influence to the process in surface waters of the São Francisco Verdadeiro River - Paraná.**

**Abstract:** Studying and knowing briefly the ways in which different parameters can influence an environmental variable is extremely important for understanding the aquatic process. The present work seeks to understand and relate variables that somehow influence BOD concentrations in the environment. Total Dissolved Solids (STD), Temperature (°C) and Chlorophyll-*a* analyzes were performed in the São Francisco Verdadeiro River, seeking to correlate them with BOD (Pearson Correlation). The temperature did not present significant correlations to the process; however, a pattern of BOD increase with STD concentrations was demonstrated ( $R^2 = 0.894$ ) and an inversely proportional relationship between Chlorophyll-*a* and BOD ( $R^2 = -0.854$ ). Chlorophyll-*a* values were inversely proportional to those of Biochemical Oxygen Demand, indicating the presence of undegraded organic matter. Thus, environments with high BOD concentrations may limit the establishment of the new phytoplankton

community. In addition, the high concentrations of Total Dissolved Solids indicate the possible presence of diffuse and punctual sources of pollution as the river follows its natural course, correlated with the oxygen demand required for the degradation of these compounds.

**Keywords:** Organic Pollution; Aerobic Microorganisms; Small Hydroelectric.

### Introdução

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é uma medida da quantidade de oxigênio necessária para que organismos biológicos aeróbicos oxidem o material orgânico presente em um corpo d'água específico em certo período de tempo (PND, 2015).

É uma medida indireta da carga orgânica dos sistemas e utiliza o oxigênio dissolvido como meio para estimar o material orgânico degradado por microrganismos vivos, como parte de seus processos metabólicos (SAWYER et al., 2003). É comumente utilizada como um indicador do grau de poluição orgânica da água, por refletir a concentração de poluentes orgânicos biodegradáveis (SAWYER et al., 2003).

A temperatura é uma característica física que afeta todos os processos metabólicos dos microrganismos (PRICE; SOWERS, 2004). De acordo com o trabalho de Van't Hoff e Arrhenius sobre reações químicas, o aumento da temperatura resulta no aumento das reações (ARRHENIUS, 1915). Na DBO, o aumento da temperatura por inferir na metabolização do material orgânico.

O pH pode interferir no comportamento dos microrganismos e a luz, estimular a produção de oxigênio pelas algas (SABESP, 1997). Apesar disso, esses parâmetros e as formas como interferem com DBO já são amplamente estudadas, conforme as Normas Internacionais (ISO 5815-1: 2019).

Os sólidos dissolvidos representam os materiais orgânicos e inorgânicos

necessários e disponíveis à vida aquática (CETESB, 2016). As concentrações de nutrientes disponíveis em cada meio podem ter um efeito maior sobre as comunidades bacterianas, modificando suas propriedades e alterando o processo da DBO 5 dias (DUCKLOW et al., 2010). Além desses, outros fatores influenciam a DBO em menor escala, apesar disso, conhecer e estudar a Clorofila-*a*, os compostos nitrogenados e o tempo de incubação das amostras é de extrema importância para o entendimento do processo como um todo.

Dessa forma, o presente trabalho busca compreender e relacionar variáveis que, de alguma forma, influenciem nas concentrações da DBO no ambiente.

### Material e Métodos

Para conhecer a forma como parâmetros específicos flutuam com a DBO, foram selecionados dados coletados pelo Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais (INEO) em três locais de amostragem no rio São Francisco Verdadeiro (FIGURA 1), localizado inteiramente no estado do Paraná. O rio nasce no município de Cascavel e desemboca no reservatório de Itaipu, no município de Entre Rios do Oeste. A sua área de drenagem abrange os municípios de Cascavel, Toledo, Ouro Verde do Oeste, São José das Palmeiras, Entre Rios do Oeste, Marechal Cândido Rondon e Pato Bragado. O reservatório da Pequena Usina Hidrelétrica de São Francisco - PCH está localizado na altura

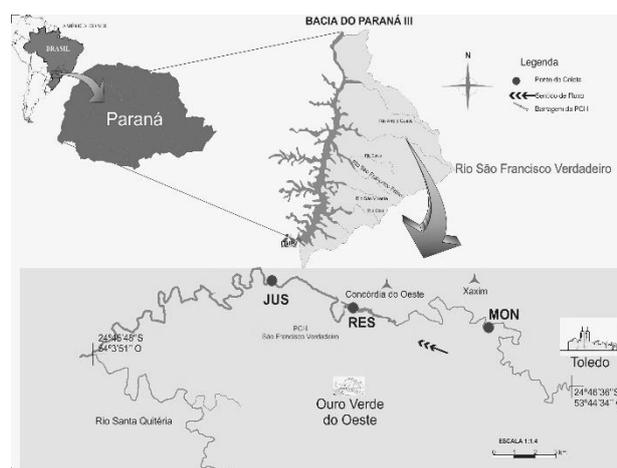
do km 82, entre os municípios de Toledo e Ouro Verde do Oeste (latitude 24º 44 e longitude de 53º 52') e uma extensão aproximada de 4 km.

O local de amostragem denominado reservatório situa-se próximo à barragem, apresentando profundidade máxima de 16 metros e fluxo de água reduzido. A vegetação ciliar é composta de florestas secundárias em diferentes estágios de desenvolvimento, onde cresce uma área de preservação permanente. A área amostral à jusante da PCH São Francisco apresenta um trecho raso, com profundidade média de 80 centímetros, a mata ciliar é composta de árvores de médio porte, densa vegetação arbustiva e áreas extensas utilizadas em atividades agropecuárias.

As coletas e análises das amostras foram realizadas seguindo a metodologia descrita em APHA (2005). As amostras foram coletadas sempre no mês de setembro, entre 2015 e 2018, e analisadas no laboratório de Limnologia Aplicada/GERPEL/UNIOESTE – campus

de Toledo. No monitoramento realizado pelo laboratório foram selecionados três pontos de coleta, contudo, no presente trabalho foram utilizados somente os dados dos pontos de amostragem referentes ao reservatório e a jusante, contabilizando ao todo oito amostras ao longo de quatro anos.

A fim de encontrar interferentes e/ou variáveis correlacionados com a DBO, foi calculado o Coeficiente de Correlação de Person ( $r$ ) para as seguintes variáveis: Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Temperatura (°C) e Clorofila-*a* (mg/L). As correlações significativas (tanto positivamente, quanto negativamente) foram submetidas a classificação de Hopkins (2008), que estabelece classes para o Coeficiente de Correlação:  $0,0 < r \leq 0,1$  (Muito baixa),  $0,1 < r \leq 0,3$  (Baixa)  $0,3 < r \leq 0,5$  (Moderada),  $0,5 < r \leq 0,7$  (Alta),  $0,7 < r \leq 0,9$  (Muito alta) e  $0,9 < r \leq 1,0$  (Extremamente Alta). Com a aplicação de uma Regressão Linear supomos a relação de causa e efeito entre as variáveis.



**Figura 1.** Localização dos sítios de amostragem na área de influência da PCH São Francisco, rio São Francisco Verdadeiro: MON = Montante, RES = Reservatório e JUS = Jusante.

### Resultados e discussão

As correlações encontradas para a temperatura e a DBO não foram

significativas para o estudo ( $p > 0,05$ ). Contudo, a Clorofila-*a* e os sólidos totais dissolvidos demonstraram padrões de influência importantes.

Os valores de Clorofila-*a* no reservatório e a jusante da PCH São Francisco variaram de forma não aleatória entre os períodos de amostragem ( $p < 0,05$ ). Existe uma associação inversamente proporcional entre a BDO e a Clorofila-*a*. Concentrações de DBO superiores à 5 mg/L apresentam-se associadas a baixas concentrações de Clorofila-*a*. Esta associação indica que ambientes com elevadas concentrações de DBO limitam o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica. As depleções nos valores de DBO acarretam em um aumento nos valores de Clorofila-*a*. Nas comunidades fitoplanctônicas, a clorofila produz matéria orgânica, que pode ser liberada de forma dissolvida na água ou armazenada nos cloroplastos e liberada no corpo d'água após a morte e decomposição por microrganismos (MAIER, 2009). Meios com presença de material orgânico ainda não liberado demonstram uma DBO baixa. A partir da degradação e consumo deste material dissolvido, as concentrações de DBO aumentam e os valores de clorofila diminuem.

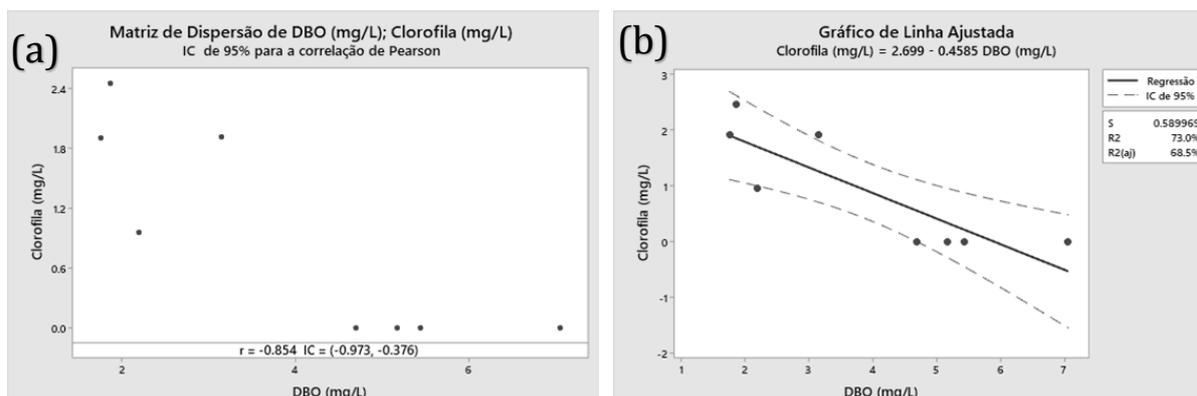
O conjunto de sais dissolvidos na água (cloretos, bicarbonatos, sulfatos e outros em menor proporção) forma o conjunto dos sólidos totais dissolvidos (STD) na água. Todos os valores encontrados entre 2015 e 2018 encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe II ( $\leq 500$  mg/L).

A partir das análises estatísticas realizadas, as correlações significativas para o estudo (FIGURA 4) demonstram um padrão de aumento da demanda bioquímica de oxigênio com o acréscimo das concentrações de sais dissolvidos ( $R^2 = 0,894$ ). Além de indicarem a presença de sais e ácidos minerais, os sólidos dissolvidos constatarem a provável

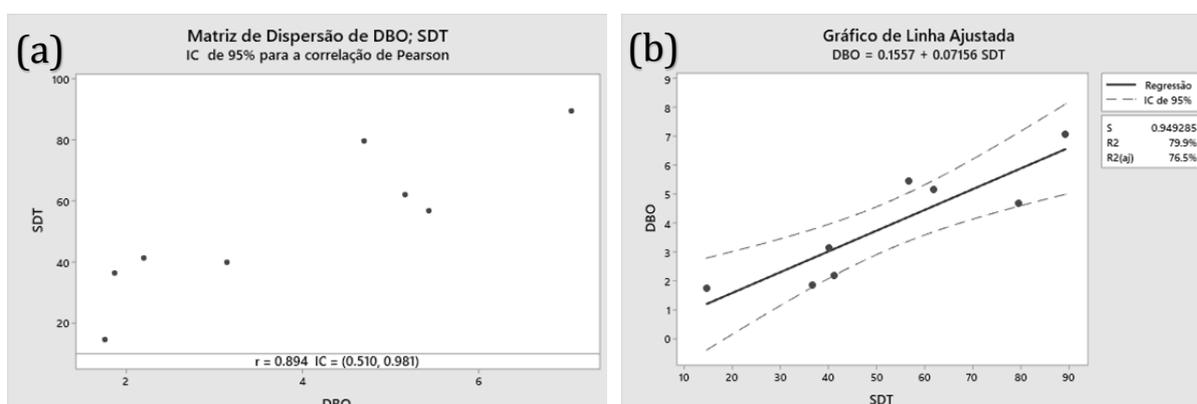
influência de diversos contaminantes provenientes de fontes pontuais e difusas de poluição que, se despejados em cursos hídricos podem aumentar a DQO e a DBO, induzindo à depleção do oxigênio dissolvido no meio (CARVALHO; OLIVEIRA, 2003). A deterioração de sistemas de água doce é proveniente de fontes antropogênicas e as taxas de material orgânico flutuam devido a efluentes de resíduos domésticos, industriais e agropecuários (VIGIAK et al., 2019).

Segundo a Comissão Mundial de Barragens (CMB, 2000) e Martins et al (2017), a presença de valores elevados de sólidos à jusante de regiões barreadas é comum e, além disso, os sólidos totais dissolvidos podem demonstrar a carga de minerais carreados a partir do escoamento superficial (BARRETO, 2014). Porém, segundo o MMA (2002), a presença de sólidos, além de representar perda por processos naturais, podem indicar perda de solo, alertando para possíveis problemas de erosão na região.

Carreamentos naturais podem fornecer o material orgânico necessário para o pleno desenvolvimento dos microrganismos, como parte de seus processos metabólicos. Porém, o acréscimo desenfreado das taxas de erosão e de lançamento de poluentes elevam as concentrações de materiais orgânicos e conseqüentemente, a DBO e os sólidos dissolvidos. Quanto menores os valores de oxigênio disponíveis, maiores as perdas de biodiversidade e a degradação de ambientes aquáticos (FERREIRA et al., 2017), prejudicando os usos primordiais da água. O Rio São Francisco segue as conformidades exigidas pela CONAMA 357.



**Figura 2.** (a) Matriz de Dispersão (Correlação de Pearson) entre as variáveis de Clorofila-*a* e Demanda Bioquímica de Oxigênio,  $R^2 = -0,854$ ; (b) Regressão Linear entre as variáveis Clorofila e Demanda Bioquímica de Oxigênio,  $R^2 = 0,730$ ,  $p < 0,05$ .



**Figura 3.** (a) Matriz de Dispersão (Correlação de Pearson) entre as variáveis de Sólidos Totais Dissolvidos e Demanda Bioquímica de Oxigênio,  $R^2 = 0,894$ ; (b) Regressão Linear entre as variáveis Sólidos Totais Dissolvidos e Demanda Bioquímica de Oxigênio,  $R^2 = 0,799$ ,  $p < 0,05$ .

### Conclusões

Os valores de Clorofila-*a* (mg/L), são inversamente proporcionais aos da Demanda Bioquímica de Oxigênio, indicando a presença de matéria orgânica não degradada no meio. A comunidade fitoplanctônica fornece um aporte de material orgânico extremamente importante para a biota de microrganismos presentes no ambiente e seu pleno desenvolvimento. Além disso, ambientes com elevadas concentrações de DBO podem vir a limitar o estabelecimento da nova

comunidade fitoplanctônica após a degradação dos organismos mortos, exercendo influência direta ao processo como um todo.

As concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos podem indicar fontes difusas e pontuais de poluição na medida em que o rio segue seu curso natural. Dessa forma, conhecer a flutuação de ambos os parâmetros em conjunto é extremamente importante para o monitoramento ambiental e desenvolvimento de medidas

mitigadoras à possíveis impactos causados pelo homem.

### Referências

ARAUJO, M. F. F. **Variação anual da comunidade fitoplanctônica, da clorofila *a* e da produtividade primária na lagoa Extremoz, RN.** 139 p. Dissertação (Mestrado), UFRN, Natal, 1997.

ARRHENIUS, S. **Quantitative Laws in Biological Chemistry.** London: G. Bell and Sons, 1915.

BARBOZA, G. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Análise dos riscos a sistemas de irrigação causados pela qualidade da água do Córrego Coqueiro - SP. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 1, p. 24-36, 2011.

BARRETO, L. V.; FRAGAIL, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 118-129, 2014.

BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios Básicos de Saneamento do Meio.** São Paulo: Editora SENAC, 2003.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade.** São Paulo, 2016.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **NTS 003 – DBO: Demanda Bioquímica de**

**Oxigênio, Método de Ensaio.** São Paulo, 1997.

CMB. COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. **Estudo de caso brasileiro, Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Brasil), Relatório de Final.** Cape Town, 2000.

DUCKLOW, H.W; MORÁN, X.A.G; MURRAY, A.E. Bacteria in the Greenhouse: Marine Microbes and Climate Change. *IN*: MITCHELL, R; GU, JI-DONG. (org). **Environmental Microbiology.** New Jersey: Wiley-Blackwell, p. 1-31, 2010.

FERREIRA, A.R.L.; SANCHES FERNANDES, L.F.; CORTES, R.M.V.; PACHECO, F.A.L. Assessing anthropogenic impacts on riverine ecosystems using nested partial least square regression. **Science of the Total Environment**, v. 583, p. 466-477, 2017.

MARTINS, G. L. A.; COSTA, A. S. V.; BARROS, A. R.; RAMALHO, F. M. G. Qualidade da água do rio Setúbal em Jenipapo de Minas - MG após construção de barragem. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1025-1039, 2017.

MAIER, R. M. **Environmental Microbiology.** Academic Press, 2009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Manual de Impactos Ambientais.** Brasília, 2002.

PRICE, P. B.; SOWERS, T. Temperature dependence of metabolic rates for microbial growth, maintenance, and survival. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, p. 4631-4636, 2004.

PND. **Environmental Regulatory Document: Method for Performing Biochemical Oxygen Demand (BOD) Measurements after n Days of Incubation**

POERSCH et al.

in Surface Fresh, Underground (Ground), Drinking, Waste, and Treated Waters. Moscow, 2015.

SAWYER, C.N.; MCCARTY, P.L.; PARKIN, G.F. (org). **Chemistry for Environmental Engineering and Science**. New York: McGraw-Hill, 2003.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VIGIAK, O.; GRIZZETTI, B.; UDIAS-MOINELO, A.; ZANNI, M.; DORATI, C.; BOURAOUI, F.; PISTOCCHI, A. Predicting biochemical oxygen demand in European freshwater bodies, **Science of the Total Environment**, v. 666, p. 1089–1105, 2019.