

QUALIDADE DA ÁGUA NO TRECHO SUPERIOR DA BACIA DO RIO PIRAPÓ: UM RIO URBANO NO SUL DO BRASIL

DOI: 10.19177/rgsav8e22019513-538

Carlos Alberto Cury Harfuch¹
Felipe Rafael Oliveira², Bianca Ramos de Meira³
Gilsemara dos Santos Cagni⁴, Rosilene Felizardo de Souza⁵
Maria de Los Angeles Perez Lizama⁶, Luiz Felipe Machado Velho⁷

RESUMO

As bacias hidrográficas no Brasil têm sido fortemente degradadas pelo crescimento desordenado das cidades, que somadas ao crescimento populacional potencializam os impactos existentes nesses ambientes. Desse modo, considerando os impactos ambientais causados pela urbanização e atividades agropecuárias sobre os recursos hídricos, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade ambiental de corpos hídricos pertencentes a Bacia do rio Pirapó, em dois períodos hidrológicos distintos. As amostras de água foram coletadas em 14 pontos ao longo do rio Pirapó e seus principais tributários, localizados no estado do Paraná, Brasil. Os resultados dos parâmetros analisados apresentaram valores dentro da legislação para recursos hídricos, nas diferentes classes analisadas. Em relação ao índice de qualidade de água (IQA), os resultados mostraram que a maioria dos pontos, em ambos os períodos, estão dentro da faixa de qualidade considerada razoável ou boa. Para o Índice de Estado Trófico (IET), devido aos valores pouco variáveis, todos os ambientes analisados foram classificados como mesotróficos. Portanto, os resultados obtidos nesse estudo apontam que a qualidade da água do rio Pirapó, bem como de seus tributários, pode ser, de modo geral, considerada regular. Assim, torna-se essencial um incremento no número de estudos de monitoramento em relação ao impacto em rios, riachos e córregos urbanos dessa bacia, uma vez que esse importante corpo de água abastece inúmeros municípios da região Norte do Estado do Paraná.

Palavras-chave: Ambientes lóticos. Parâmetros limnológicos. Poluição Ambiental.

¹ Unicesumar - Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas. Mestre em Tecnologias Limpas - PPGTL /Unicesumar. E-mail: carlosalbertocuryharfuch@gmail.com

² Doutorando do PPG em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais PEA/ UEM. <http://orcid.org/0000-0002-7787-1440> E-mail: felipebio12@outlook.com

³ Doutora em Ciências, área de concentração Ciências Ambientais - Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais - PEA/UEM. E-mail: bianca.rmeira@hotmail.com

⁴ Mestranda do Programa de pós-graduação em Tecnologias Limpas - PPGTL /Unicesumar. E-mail: gscagni@hotmail.com

⁵ Bióloga licenciada - Centro Universitário Cesumar – UniCesumar. E-mail: rose.fs2011@hotmail.com

⁶ Doutora - Docente do Programa de pós-graduação em Tecnologias Limpas PPGTL, Instituto Cesumar de Ciência Tecnologia e Inovação – ICETI, Centro Universitário Cesumar – UniCesumar. E-mail: lizamamdla@hotmail.com

⁷ Doutor - Professor do Programa de pós-graduação em Tecnologias Limpas – PPGTL, Instituto Cesumar de Ciência Tecnologia e Inovação – ICETI, Centro Universitário Cesumar – UniCesumar; Pesquisador do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) - Universidade Estadual de Maringá. E-mail: felipe.velho@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, o desenvolvimento econômico e a diversificação da sociedade resultaram em múltiplos e variados usos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (TUNDISI, 2003).

As bacias hidrográficas no Brasil têm sido fortemente degradadas pelo crescimento desordenado das cidades, que somadas ao crescimento populacional potencializam os impactos existentes ao longo das bacias (BORSATO e MARTONI, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2009). Essas atividades ocorrem em muitas bacias hidrográficas, sejam elas rurais ou urbanas (BLUME *et al.*, 2010) e os corpos d'água acabam sendo o principal meio pelo qual os resíduos são eliminados (TUNDISI, 2003; GOPAL e WETZEL, 1995). Os múltiplos usos da água alteram suas características e causam significativas alterações na qualidade dos recursos hídricos e contribuem para a mudança do equilíbrio e dinâmica dos recursos naturais (BLUME *et al.*, 2010; ANDRIETTI *et al.*, 2016). A estas alterações está associado um aumento na geração de cargas poluentes (PINTO *et al.*, 2009), principalmente em grandes centros urbanos onde os resíduos são de diversas naturezas (BLUME *et al.*, 2010), que reduzem a capacidade de utilizar os recursos hídricos além de aumentarem a chance da ocorrência de doenças transmissíveis aos humanos (ASSAD, 2013). Por outro lado, na zona rural, quando a mata ciliar é retirada, toda a paisagem é alterada para dar lugar a sistemas de produção agrícola e/ou pastagens e, com isso, a qualidade da água dos corpos aquáticos também sofrem drásticas modificações (ANDRIETTI *et al.*, 2015).

Várias são as fontes poluidoras em corpos aquáticos, entre elas destaca-se a eliminação de lixo e poluição por resíduos domésticos líquidos e esgoto; escoamento agrícola e industrial, efluentes de mineração e práticas inadequadas de manejo da terra e de uso de agrotóxicos (GOPAL e WETZEL, 1995).

O Estado do Paraná, apesar de ser um dos menores estados em extensão territorial do Brasil, apresenta uma rede hidrográfica considerável (LOPES, 2001). Durante a transição dos séculos XX e XXI, o desenvolvimento das cidades e a mecanização do agronegócio na região Norte do estado se intensificaram, o que gerou inúmeras consequências para os rios e seus afluentes e, progressivamente, diversos impactos ambientais (MELO e PARRÉ, 2007). O Estado do Paraná possui 16

importantes bacias hidrográficas, entre elas a Bacia do Rio Pirapó, que corresponde a uma área de 5.096,86 km². O rio mede 168 quilômetros de extensão e tem o Rio Bandeirantes como seu principal afluente (PARANÁ, 2013).

O Rio Pirapó é a principal fonte de abastecimento dos municípios de Apucarana e Maringá, importantes polos regionais (ALVES, 2008). A bacia abastece também outros 33 municípios, que captam suas águas para as áreas urbanas e rurais, beneficiando uma população em torno de 1.011.462 habitantes (IBGE,2010). Todos os municípios têm seu histórico marcado pela perda das florestas naturais e matas ciliares para ocupação habitacional, agrícola e pecuária, que refletiram na degradação do solo e, conseqüentemente, na qualidade ambiental de seus corpos d'água (KLEPKA, 2011).

O conhecimento sobre a qualidade da água disponível é fundamental para a gestão dos recursos hídricos, e vários índices e indicadores ambientais para avaliação destes recursos foram criados com base nas características físico-químicas e biológicas da água (BARRETO, 2013; SUTIL *et al.*, 2018). Hoje, esses índices são importantes ferramentas para elaboração de planos de manejo que visam a conservação e recuperação de ambientes naturais e degradados (BUZZELLI e CUNHA-SANTINO, 2013).

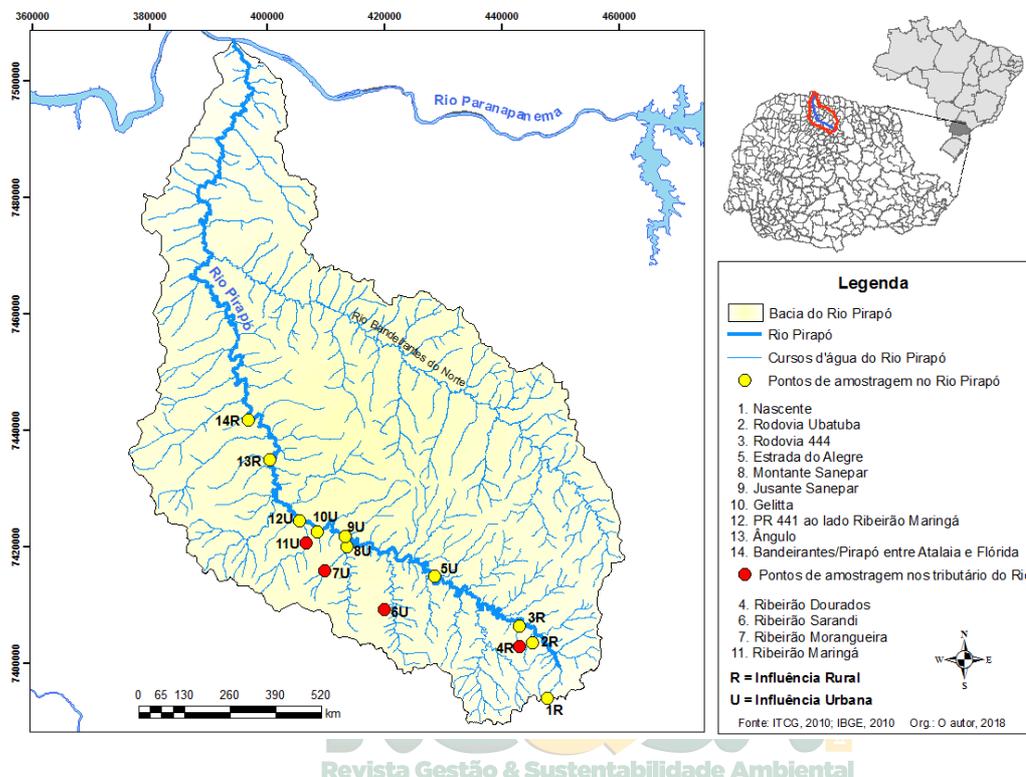
Assim, considerando os impactos ambientais causados pela urbanização e atividades agropecuárias sobre os recursos hídricos, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade ambiental de corpos hídricos da Bacia do Rio Pirapó, em seu trecho superior, entre a nascente do Rio Pirapó até o trecho entre os municípios de Atalaia e Flórida, em dois períodos hidrológicos distintos, baseando-se nos índices de Estado Trófico (IET) e de Qualidade de água (IQA).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na região Norte do Estado do Paraná, especificamente na Bacia do Rio Pirapó e alguns de seus tributários. Foram selecionados 14 pontos de amostragem, 10 pontos ao longo do Rio Pirapó e 04 pontos em tributários distintos (Figura 1).

Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Pirapó, no Estado do Paraná e localização dos pontos de amostragem (os números representam os pontos de amostragem descritos na tabela 1). R = influência rural e U = influência urbana. Os pontos representados em amarelo são pontos localizados no Rio Pirapó, e os em vermelhos são tributários desse rio.



2.2 Amostragem dos Parâmetros Físicos e Químicos

As amostragens foram realizadas em dois períodos hidrológicos distintos (chuva/verão – seca/inverno), em 14 pontos de amostragem ao longo do Rio Pirapó, entre sua nascente no Município de Apucarana, e o trecho entre os municípios de Atalaia e Flórida no estado do Paraná (Tabela 1).

Tabela 1 - Coordenadas e categoria (influência rural ou urbana) dos pontos de amostragem na bacia do Rio Pirapó.

| Ponto | Locais de amostragem | Posição geográfica | Categoria |
|-------|------------------------|------------------------------|-----------|
| 1 | Rio Pirapó | 23°33'52,3"S - 51°30'39,8"W | Urbano |
| 2 | Rio Pirapó | 23°28'42,2"S - 51°32'09,1"W | Rural |
| 3 | Rio Pirapó | 23°27'08,5"S - 51° 33'25,2"W | Rural |
| 4 | Tributário Dourados | 23° 29'04,5" - 51° 33'25,2"W | Rural |
| 5 | Rio Pirapó | 23°22'27,8"S - 51° 41'54,3"W | Rural |
| 6 | Tributário Sarandi | 23°25'31,5"S - 51°47'00,7"W | Urbano |
| 7 | Tributário Morangueiro | 23°21'52,1"S - 51°52'55,7"W | Urbano |
| 8 | Rio Pirapó | 23°19'42,6"S - 51°50'39,0"W | Urbano |
| 9 | Rio Pirapó | 23°18'44,2"S - 51°50'52,7"W | Urbano |
| 10 | Rio Pirapó | 23°18'17,5"S - 51°53'395,6"W | Urbano |

| | | | |
|----|--------------------|-----------------------------|--------|
| 11 | Tributário Maringá | 23°19'17,7"S – 51°54'46,1"W | Urbano |
| 12 | Rio Pirapó | 23°17'13,8"S – 51°55'26,8"W | Urbano |
| 13 | Rio Pirapó | 23°11'33,1"S – 51°58'19,4"W | Rural |
| 14 | Rio Pirapó | 23°07'52,1"S – 52°00'29,4"W | Rural |

Fonte: Autores, 2018.

Os parâmetros físicos e químicos da água foram aferidos em campo, por meio de um aparelho portátil multiparâmetro (Horiba U-52). Foram medidos: condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), turbidez (NTU) e sólidos totais dissolvidos (mg/L). As amostras de nutrientes (fósforo total e nitrogênio) foram coletadas na subsuperfície d'água com auxílio de frascos de polietileno esterilizados com capacidade de 1 litro na profundidade máxima de 0,30 m, extensão limite da zona fótica. Para amostragem de coliformes termotolerantes, foram coletadas 300 mL de água em frascos esterilizados e posteriormente foi estipulado o número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes em 100 mL. Todos os protocolos metodológicos estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros limnológicos analisados e os métodos utilizados para a estimativa de cada parâmetro

| Parâmetro | Metodologia |
|--|---|
| Temperatura Água ($^{\circ}\text{C}$) | Sonda multiparâmetro HORIBA |
| pH | Sonda multiparâmetro HORIBA |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) | Diluição e incubação a 20°C por 5 dias (Método 5210-B) |
| Fósforo Total (mg/L) | Espectrofotometria automática com molibdato de amônio e ácido ascórbico (Método 4500-P) |
| Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) (mg/L) | Espectrofotometria automática com ácido isocianídrico (ISO 11732) |
| OD (% e mg/L) | Sonda multiparâmetro HORIBA |
| Condutividade elétrica | Sonda multiparâmetro HORIBA |
| STD (mg/L) | Sonda multiparâmetro HORIBA |
| Turbidez (UNT) | Sonda multiparâmetro HORIBA |
| Col. Term. (ufc/100ml) | Técnica de membrana filtrante (Norma Técnica CETESB L5.221) |

Fonte: Os autores, 2018.

2.3 Análise dos Dados

Os resultados obtidos foram comparados aos limites de tolerância descritos nas Resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 430/2011.

Como forma de simplificar as comparações entre os corpos hídricos amostrados, alguns índices foram calculados, como o Índice de Qualidade de Água (IQA) e o Índice do Estado Trófico (IET).

O cálculo do IQA foi obtido através da ponderação de nove parâmetros físico-químicos e biológicos, sendo que para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações, e um peso foi atribuído a cada parâmetro (Tabela 3). O IQA foi calculado utilizando a fórmula abaixo:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde; *IQA* = índice de qualidade da água; *qi* = qualidade do i-ésimo parâmetro obtido através da média de qualidade. *wi* = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função de sua importância para a conformação global da qualidade.

Tabela 3. Peso atribuído aos parâmetros físico-químicos e biológicos utilizados no cálculo do IQA.

| PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA | PESO (<i>w_i</i>) |
|---|-------------------------------|
| Oxigênio dissolvido | 0,17 |
| Coliformes termotolerantes | 0,15 |
| Potencial hidrogeniônico - pH | 0,12 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO 5,20 | 0,10 |
| Temperatura da água | 0,10 |
| Nitrogênio total | 0,10 |
| Fósforo total | 0,10 |
| Turbidez | 0,08 |
| Resíduo total | 0,08 |

Fonte: ANA, 2018.

A partir do cálculo do IQA, pode-se determinar a qualidade das águas, de “muito ruim” a “excelente”, em uma escala que varia de 0 a 100 (Tabela 4) (CONAMA 357/2005).

Tabela 4. Classificação da qualidade de água de acordo com o IQA

| Valores de IQA | Qualidade da Água |
|----------------|-------------------|
| 0 < IQA ≤ 19 | Muito ruim |
| 25 < IQA ≤ 50 | Ruim |
| 50 < IQA ≤ 70 | Regular |
| 70 < IQA ≤ 90 | Boa |
| 90 < IQA ≤ 100 | Excelente |

Fonte: ANA, 2018.

Para o Índice de Estado Trófico (IET), os valores foram obtidos a partir dos dados de fósforo total, seguindo a fórmula proposta por Alves *et al.*, (2012):

$$IET = 10 \left\{ 6 - \left[\frac{0,42 - 0,36 \ln(TP)}{\ln(2)} \right] \right\} - 20$$

Onde o fósforo total (TP) é expresso em µg/L.

Os valores e as categorias estabelecidos para as diferentes classes do índice IET encontram-se descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Classificação do Índice de Estado Trófico (IET) a partir dos valores de fósforo total

| Fósforo Total (mg.L ⁻¹) | Ponderação IET | Categoria |
|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| TP ≤ 8 | IET ≤ 47 | Ultraoligotrófico |
| 9 < TP ≤ 19 | 48 < IET ≤ 52 | Oligotrófico |
| 20 < TP ≤ 52 | 53 < IET ≤ 59 | Mesotrófico |
| 53 < TP ≤ 120 | 60 < IET ≤ 63 | Eutrófico |
| 121 < TP ≤ 233 | 64 < IET ≤ 67 | Supereutrófico |
| 234 ≥ TP | IET ≥ 68 | Hipereutrófico |

Fonte: Ana, 2018

Para testar a existência de diferenças significativas, para os diferentes parâmetros analisados, entre os períodos de seca e chuva, e entre o Rio Pirapó e seus tributários, análises de variância bifatoriais (ANOVA: *two-way*) foram realizadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para os diferentes parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas do Rio Pirapó e seus tributários estão apresentados na Tabela 6. Em geral, variações representativas foram observadas entre os tipos de ambientes (Rio Pirapó e tributários), bem como entre os períodos de amostragem (período seco e chuvoso) (Tabela 6; Figuras 2 a 4).

Conhecer a qualidade das águas superficiais é uma ferramenta fundamental para definir e priorizar ações e estratégias que busquem a conservação, a recuperação e o uso racional dos recursos hídricos, que são utilizados para diversos fins, como irrigação, abastecimento, dessedentação de animais e recreação de contato primário (FERREIRA *et al.*, 2018). Mendonça (2012) sugere que as propriedades físicas, químicas e biológicas da água e do sedimento são alteradas

pelas atividades antrópicas e, por isso, devem ser monitoradas a fim de avaliar a real situação de determinados cursos d'água.

A enorme quantidade de resíduos que é gerada nas cidades pode chegar a córregos e rios quando carregados pela água da chuva e assim transportar grandes quantidades de matéria inorgânica e orgânica dissolvida, que pode tornar a água imprópria para uso direto e indireto (CARVALHO e OLIVEIRA, 2003; NTENGWE, 2006).

Neste estudo, foram evidenciadas diferenças para os sólidos totais dissolvidos (STD), entre os diferentes ambientes (ANOVA: $p= 0,002$), com maiores valores verificados para os tributários, enquanto que, entre os períodos não foram evidenciadas diferenças significativas (Figura 2A). Assim, os valores deste parâmetro variaram entre 50 e 150 mg/L no período seco, e no período chuvoso flutuaram entre 53 e 179 mg/L (Tabela 6).

A quantidade de sólidos totais de rios, lagos e córregos indica o grau de poluição do meio, ou seja, quanto maior sua concentração, maior é a poluição (ALMEIDA e SCHWARZBOLD, 2003). Os STD podem ser de origem de fontes naturais, descargas de efluentes de esgotos, escoamento urbano ou descargas de resíduos industriais (NTENGWE, 2006). No entanto, mesmo que nos riachos os valores de STD tenham sido mais elevados e significativamente diferentes em relação ao rio principal, estes não ultrapassaram os valores estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/2005, para as classes de água I, II e III analisadas. De acordo com Carvalho e Oliveira (2003), quando os ambientes contêm menos de 500 mg/L de STD é considerada satisfatória para o uso doméstico e para muitos fins industriais. Acima de 1000 mg/L pode conter minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversos usos. Além disso, os maiores valores de STD encontrados nos tributários era esperado, uma vez que, estes ambientes ao drenar áreas urbanizadas, recebem expressivas cargas de resíduos advindos principalmente da construção civil (FIA *et al.*, 2015), especialmente em períodos de maior precipitação.

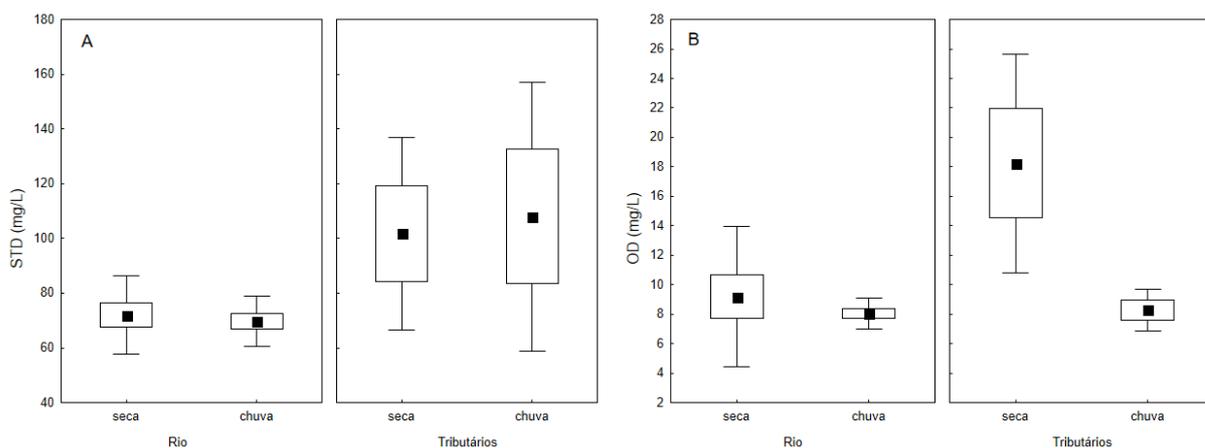
Para o Oxigênio dissolvido (OD), diferenças significativas foram registradas tanto entre os períodos como entre os diferentes ambientes. Dessa forma, foram observados valores maiores e mais variáveis na seca (ANOVA, $p= 0,04$), e menores e mais homogêneos no período chuvoso. Maiores valores desse parâmetro foram

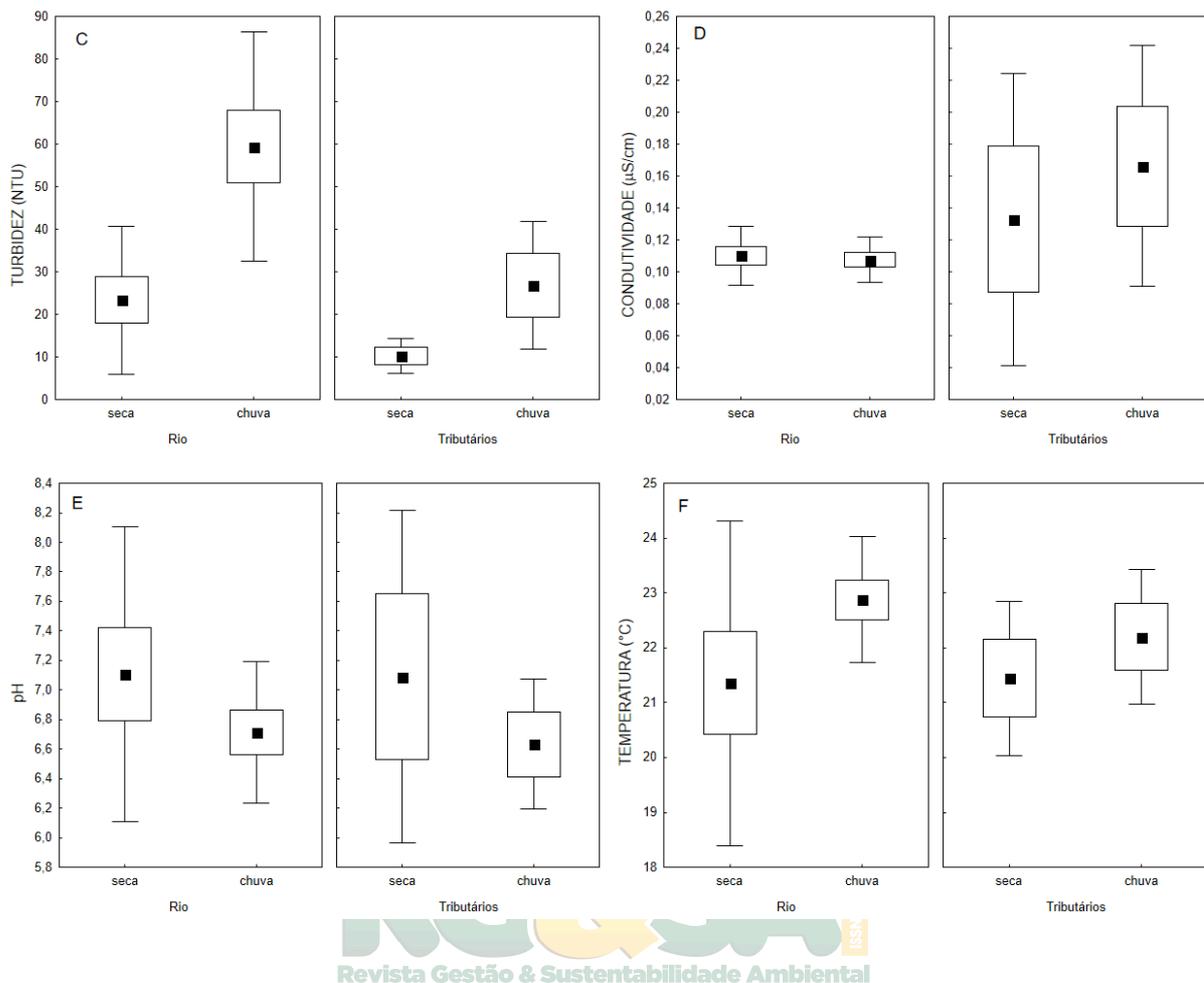
observados nos tributários ($p=0,02$), especialmente no período de estiagem (Figura 2B). Os resultados variaram entre 5,2 e 27,6 mg/L na seca e entre 5,4 e 10,2 mg/L no período chuvoso (Tabela 6), sendo esses valores suficientes para a manutenção dos organismos aeróbios (CORADI *et al.*, 2009). O OD é essencial para a manutenção dos processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais determinando a capacidade de manter a vida aquática (CETESB, 2009) e podem ser afetados quando os níveis de sólidos dissolvidos estão aumentados nos ambientes (NTENGWE *et al.*, 2006). Contudo, os resultados neste estudo estão de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005, em decorrência dos valores encontrados sempre acima dos mínimos exigidos para as classes I, II e III.

O oxigênio é essencial aos organismos aquáticos, nos processos metabólicos de bactérias aeróbicas e outros microrganismos que degradam poluentes nos sistemas aquáticos (ROCHA *et al.*, 2004). A redução da quantidade de oxigênio dissolvido presente em um corpo hídrico é um dos indícios de poluição (BUZELLI e CUNHA-SANTINO, 2013). Águas poluídas por esgotos possuem baixas concentrações de oxigênio dissolvido devido à decomposição da matéria orgânica (LIPPERT, 2014).



Figura 2. Variação dos valores dos diferentes parâmetros físicos da água obtidos para o Rio Pirapó e seus tributários, nos períodos de seca e chuva.





Fonte: Os autores, 2018.

Os resultados de turbidez neste estudo demonstraram um padrão inverso àquele verificado para o oxigênio, de forma que, maiores valores foram registrados no Rio Pirapó (ANOVA: $p=0,013$). Em relação ao período, os valores desse atributo foram significativamente maiores na chuva (ANOVA: $p<0,001$) (Figura 2C). Os valores de turbidez flutuaram entre 6,2 e 62,2 no período de estiagem e entre 1,3 e 82,8 no período chuvoso (Tabela 6).

De forma geral, os tributários não apresentaram valores acima dos estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/2005, com exceção do ponto 06 (Tributário Sarandi), que no período chuvoso, o qual juntamente com a grande maioria dos pontos do rio principal, apresentou valores acima do estabelecido para águas da classe I, que ultrapassou 40 NTUs. Entretanto, foi observado um aumento substancial da turbidez no período chuvoso. A turbidez tende a se elevar quando há aumento de precipitação, uma vez que leva ao aumento na vazão, erosão e lixiviamento do entorno

de rios e riachos, favorecendo a dispersão de partículas em suspensão na água (FRITZSONS *et al.*, 2003).

As principais causas do aumento na turbidez da água, principalmente em períodos de elevada precipitação, podem ser devido à presença de materiais sólidos em suspensão, por meio de processos naturais do ambiente como revolvimento de argila, silte, partículas orgânicas coloidais, presença de plâncton e outros organismos microscópicos, mas também por atividades humanas, através de processos erosivos, mineração, construção de estradas, e resíduos domésticos e industriais (HENLEY *et al.*, 2000, NTENGWE *et al.*, 2006; VON SPERLING, 2014; MEDEIROS *et al.*, 2016).



Tabela 6. Resultados encontrados para as variáveis analisadas nos pontos em diferentes tributários e no rio Pirapó, nos diferentes períodos analisados na seca e na cheia. (s = estiagem; c = chuvoso; r = Rio Pirapó; t = tributários; OD (%) = Porcentagem de saturação de Oxigênio Dissolvido; OD (mg/L) = Concentração de Oxigênio dissolvido; Temp= Temperatura; Coliformes Termot. = Coliformes Termotolerantes; pH = Potencial Hidrogeniônico; PT = Fósforo Total; Turbidez = Turbidez; STD = Sólidos Totais Dissolvidos.

| PONTOS | Período | tipo | Condutividade (mS/cm) | OD (%) | OD (mg/L) | Temp (°C) | Coliformes Totais (UFC/100mL) | Coliformes Termot. (UFC/100mL) | pH | NT (mg/L) | PT (mg/L) | Turbidez (NTU) | STD (mg/L) |
|----------|---------|------|-----------------------|--------|-----------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|------|-----------|-----------|----------------|------------|
| PONTO 01 | s | r | 800 | 59,97 | 5,23 | 20,81 | 98 | 16 | 6,04 | 0,000 | 0,07228 | 62,23 | 50 |
| PONTO 02 | s | r | 9 | 65 | 5,7 | 13,67 | 2730 | 95 | 4,69 | 0,003 | 0,0706 | 6,53 | 60 |
| PONTO 03 | s | r | 10 | 112,4 | 9,76 | 21,05 | 2034 | 70 | 7,39 | 0,003 | 0,07074 | 21,43 | 60 |
| PONTO 04 | s | t | 1,1 | 109,3 | 9,51 | 20,9 | 395 | 14 | 7,64 | 0,001 | 0,07242 | 6,2 | 72 |
| PONTO 05 | s | r | 11,6 | 264,2 | 22,12 | 23,07 | 3612 | 126 | 7,9 | 0,010 | 0,0706 | 17,5 | 76 |
| PONTO 06 | s | t | 13 | 224,3 | 18,79 | 23,05 | 1931 | 67 | 7,98 | 0,001 | 0,07326 | 10,2 | 80 |
| PONTO 07 | s | t | 23 | 310,9 | 27,58 | 19,8 | 1333 | 46 | 5,46 | 0,010 | 0,07802 | 15,9 | 150 |
| PONTO 08 | s | r | 12 | 94,8 | 8,25 | 20,86 | 3384 | 118 | 7,61 | 0,001 | 0,07088 | 12,6 | 80 |
| PONTO 09 | s | r | 13 | 92,4 | 7,99 | 21,24 | 3418 | 119 | 7,72 | 0,004 | 0,07172 | 14,4 | 90 |
| PONTO 10 | s | r | 13 | 92,9 | 7,92 | 21,99 | 3560 | 124 | 7,71 | 0,001 | 0,07298 | 13,5 | 90 |
| PONTO 11 | s | t | 16,1 | 199,9 | 17,04 | 22,04 | 967 | 34 | 7,28 | 0,007 | 0,07774 | 8,7 | 105 |
| PONTO 12 | s | r | 10,2 | 110,8 | 9,19 | 23,9 | 3328 | 116 | 7,18 | 0,003 | 0,07872 | 47 | 62 |
| PONTO 13 | s | r | 13,4 | 91,2 | 7,65 | 22,97 | 1707 | 59 | 7,18 | 0,003 | 0,0734 | 18 | 87 |
| PONTO 14 | s | r | 10 | 97,9 | 8,08 | 23,98 | 1732 | 60 | 7,63 | 0,001 | 0,0741 | 20,7 | 65 |
| PONTO 01 | c | r | 8,2 | 64,2 | 5,39 | 22,96 | 63 | 3 | 5,69 | 0,000 | 0,07256 | 1,3 | 53 |
| PONTO 02 | c | r | 12,1 | 108 | 9,04 | 23,08 | 3073 | 146 | 6,85 | 5,600 | 0,07424 | 63,5 | 78 |
| PONTO 03 | c | r | 10,7 | 97,3 | 8,4 | 21,32 | 2289 | 108 | 7,23 | 2,800 | 0,07214 | 47,3 | 69 |
| PONTO 04 | c | t | 11,9 | 116,9 | 10,2 | 20,75 | 445 | 21 | 7,04 | 1,400 | 0,07452 | 9,2 | 77 |
| PONTO 05 | c | r | 9,3 | 97,3 | 8,16 | 22,99 | 4065 | 193 | 7,07 | 7,000 | 0,072 | 84 | 60 |
| PONTO 06 | c | t | 11,2 | 101,2 | 8,52 | 22,78 | 2173 | 103 | 6,48 | 4,200 | 0,0741 | 44,9 | 73 |
| PONTO 07 | c | t | 27,5 | 84,1 | 6,99 | 23,55 | 1500 | 71 | 6,93 | 8,400 | 0,08951 | 31 | 179 |
| PONTO 08 | c | r | 9,7 | 95,8 | 8,19 | 21,89 | 3809 | 181 | 6,48 | 1,400 | 0,07452 | 78,7 | 63 |
| PONTO 09 | c | r | 10,4 | 96,4 | 8,24 | 21,88 | 3847 | 182 | 6,45 | 2,800 | 0,07214 | 79,5 | 68 |
| PONTO 10 | c | r | 10,6 | 100,1 | 8,47 | 22,44 | 4007 | 190 | 6,54 | 4,200 | 0,0748 | 82,8 | 69 |
| PONTO 11 | c | t | 15,9 | 86,3 | 7,4 | 21,71 | 1089 | 51 | 6,08 | 8,400 | 0,07732 | 22,5 | 103 |
| PONTO 12 | c | r | 12,1 | 87,8 | 7,4 | 22,65 | 3746 | 178 | 6,5 | 4,200 | 0,07536 | 77,4 | 79 |
| PONTO 13 | c | r | 12,6 | 99 | 8,05 | 24,87 | 1921 | 91 | 7,11 | 1,400 | 0,07242 | 39,7 | 82 |
| PONTO 14 | c | r | 11,8 | 11,8 | 9,12 | 24,66 | 1950 | 92 | 7,22 | 1,400 | 0,07522 | 40,3 | 76 |

Fonte: Os autores, 2018.

A condutividade elétrica apresentou um padrão de variação similar ao registrado para os sólidos dissolvidos, com maiores valores médios nos tributários. No entanto, tendo em vista a grande variação nos dados dos tributários, essas diferenças não foram significativas para os ambientes (ANOVA: $p=0,057$) e nem entre os períodos de seca e chuva (ANOVA: $p=0,33$) (Figura 2D). Os valores encontrados para a grande maioria dos pontos amostrados apresentaram valores próximos ou acima de $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, valor este que de acordo com a CETESB (2008) indica um ambiente impactado. Assim, altos valores de condutividade podem estar relacionados a uma descarga constante de matéria orgânica ocasionada pelo despejo de esgoto doméstico, restos de alimentos, sabão, detergentes entre outros (BORTOLETTO *et al.*, 2015; SUTIL *et al.*, 2018).

O pH apresentou tendência de maiores valores médios no período seco, não evidenciando diferenças entre os ambientes, para ambos os períodos analisados (Figura 2E). No entanto, apesar da expressiva variabilidade dentro de cada fator, essas diferenças não foram significativas (ANOVA: $p= 0,17$ para período; ANOVA: $p= 0,88$ para tipo de ambiente).

O pH é um dos critérios estabelecidos para que haja potabilidade da água de um corpo hídrico, para isso a resolução do CONAMA 357/2005, estabelece para as classes de água do tipo I, II e III, valores de pH que estejam entre 6,0 e 9,0, intervalo apropriado para a manutenção da vida aquática (LIBÂNIO, 2008). Neste estudo, apenas três pontos apresentaram valores abaixo do permitido (6,0) (Tabela 6). Resultado similar foi encontrado por Lippert (2014), que observou em alguns de seus pontos amostrais, valores abaixo do estabelecido, o que atribuiu a influência de grande quantidade de matéria orgânica presente no meio aquático, que ao decompor geram compostos ácidos que reduzem os valores de pH (BORGES *et al.*, 2003; MAROTTA *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Além de efluentes, a variação de pH pode ser associada à presença de ácidos fúlvicos e húmicos, provenientes da decomposição de folhas e galhos, especialmente em épocas mais secas, os quais contribuem para a baixa do pH, tornando a água mais ácida (LIBÂNIO, 2008). Quando há maior precipitação, ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e ocorre o escoamento mais rápido da água, o que faz com que o pH aumente (CARVALHO *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2008).

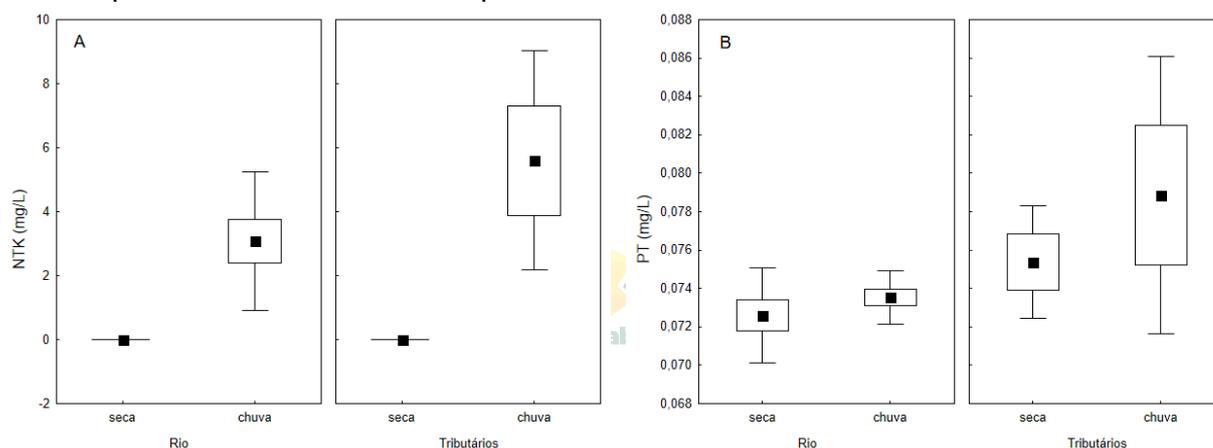
Para a temperatura, apesar de serem observados maiores valores no período de chuvas, que na verdade se sobrepõe ao verão, na região estudada, esses valores também foram bastante variáveis no Rio Pirapó e tributários, de forma que as diferenças registradas não foram significativas (ANOVA: $p=0,10$ para período; ANOVA: $p=0,73$ para tipo de ambiente) (Figura 2F). A temperatura da água no Rio Pirapó foi mais variável no período de seca, mas em média, não diferiu daquela registrada para os tributários neste mesmo período. No período de chuva, observa-se uma tendência de maiores valores de temperatura no rio e menor nos tributários analisados (Figura 2F). A temperatura é um indicador ambiental importante em diversos estudos relacionados ao monitoramento da qualidade de águas, uma vez que exerce forte influência sobre outros parâmetros físicos e químicos além de influenciar a solubilidade de compostos e a viscosidade da água (PERCEBON *et al.*, 2005).

Em relação ao Nitrogênio Total, foram evidenciadas diferenças significativas apenas entre os períodos (ANOVA: $p<0,001$), com valores mais elevados no período chuvoso (Figura 3A). Esse resultado era esperado, uma vez que a pluviosidade pode aumentar a deposição atmosférica aos corpos d'água (ANA, 2018) e o escoamento de terras agrícolas ricas em nitrogênio (BAIRD, 2002; LIBÂNIO, 2008; ANA, 2018). Para os diferentes ambientes, embora tenham sido observados maiores valores para nitrogênio total nos tributários, essas diferenças não foram estatisticamente significativas (Tabela 6; Figura 3A), provavelmente devido à proximidade desses ambientes a fontes de lançamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais (ANA, 2018).

Para o fósforo total, diferentemente do observado para o nitrogênio, diferenças foram observadas para os ambientes (ANOVA: $p= 0,006$), com maiores valores observados nos tributários, enquanto que para os períodos, mesmo com tendência de maiores valores no período chuvoso, essa diferença não foi estatisticamente significativa (Tabela 6; Figura 3B). O fósforo é considerado o principal responsável pela eutrofização de ecossistemas aquáticos e provém de fontes naturais, como rochas, processo de decomposição, escoamento superficial de água da chuva, e de fontes artificiais, como partículas na atmosfera, fertilizantes agrícolas e esgotos domésticos e industriais (WETZEL, 2001; SPERLING, 2007). De modo geral, de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005, nenhum dos pontos amostrais analisados neste estudo tiveram valores de fósforo acima dos máximos

estipulados pela legislação de 0,1 mg/L de fósforo para as classes do tipo I e II e, 0,15 mg/L para águas da classe III (Tabela 4) para esse nutriente. Este resultado corrobora com o estudo de Kemerich *et al.*, (2012), que também não encontraram concentrações de fósforo acima do permitido pelo CONAMA em um riacho, situado em Santa Maria – RS, concluindo que a variável não contribuiu para a má qualidade de água, encontrada naquele ambiente. No entanto, em um estudo realizado por Alves *et al.*, (2008), na bacia do Rio Pirapó, os autores encontraram concentrações de fósforo total elevadas, que variaram entre 0,033 e 0,494 mg/L, atribuídas a frequente incidência de produtos químicos à base destes compostos na água, decorrentes da grande atividade agrícola na região.

Figura 3. Variação dos valores de Nitrogênio total (A) e Fósforo total (B) obtidos para o rio Pirapó e seus tributários, nos períodos de seca e chuva.



Fonte: Os autores, 2018.

Os valores de coliformes totais foram expressivamente mais elevados nos pontos do Rio Pirapó e apresentaram diferenças estatísticas significativas quando comparados aos tributários (ANOVA: $p=0,003$). Em relação ao período, tanto a seca quanto o período chuvoso, demonstraram valores similares em ambos os ambientes. Os valores para esta variável encontrados no rio principal variaram entre 63 e 4065 UFC/100mL (unidades formadoras de colônia em 100 mL) e para os tributários entre 395 e 2173 UFC/100ml (Tabela 6; Figura 4A).

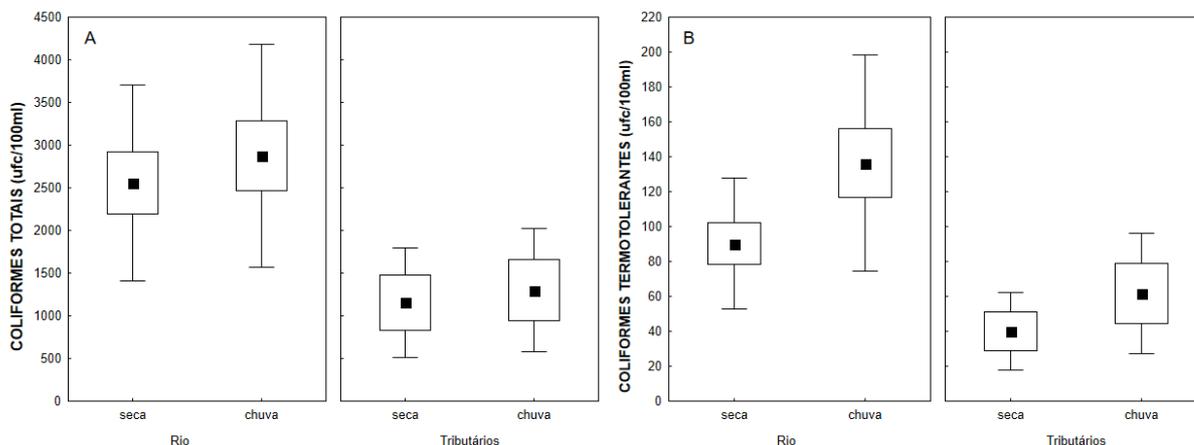
Mesmo com valores elevados, o grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, o que limita sua aplicação como indicador específico de contaminação (SILVA e ARAÚJO, 2003). O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo de

coliformes denominados fecais ou coliformes termotolerantes, que são diferenciados dos demais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada (44,5°C) (CETESB, 2018).

Para os coliformes termotolerantes foram observadas diferenças significativas entre os tributários e o rio em análise (ANOVA: $p=0,003$), com valores mais expressivos no rio. Também foram verificadas diferenças entre os períodos, com destaque também ao rio principal, no período de maior chuva (ANOVA: $p=0,03$). Os valores para essa variável flutuaram em torno de 3 à 193 UFC/100mL para o rio principal, e de 14 à 103 UFC/100mL nos tributários (Tabela 6; Figura 4B), sendo estes inferiores ao estabelecido pela resolução do CONAMA 357/2005 para as classes analisadas (I, II e III), e que determina valores inferiores a 200 UFC/100ml, para se enquadrar na classe I.

A presença dos coliformes termotolerantes sugere poluição fecal proveniente de fezes, a qual pode ser oriunda de esgotos domésticos despejados nas proximidades dos ambientes amostrados (DECKER *et al.*, 2018). O aumento de coliformes fecais observado para o período chuvoso é justificado, pois, a água de escoamento superficial, durante o período de chuva, contribui para a mudança da qualidade microbiológica dos ambientes aquáticos (GELDREICH, 1998; PINTO *et al.*, 2009). De modo similar, Pinto *et al.*, (2009) ao realizarem um estudo sobre o comportamento da qualidade da água, ao longo do tempo, em uma bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande, MG, encontraram elevados valores de coliformes termotolerantes em períodos de chuva. Ainda, Merten e Minella (2002) relatam que, as atividades de pecuária representam grande risco à qualidade dos corpos de água, uma vez que, elevam os valores de coliformes termotolerantes, quando não são adotadas práticas de manejo conservacionistas. Assim, a avaliação da concentração dos coliformes termotolerantes possui uma elevada relevância, pois pode indicar a presença de microrganismos patogênicos (ANA, 2005; SOUZA *et al.*, 2015).

Figura 4. Variação dos valores para os Coliformes totais (A) e termotolerantes (B) obtidos para o Rio Pirapó e seus tributários, nos períodos de seca e chuva.



Fonte: Os autores, 2018.

Em relação ao índice de qualidade de água (IQA), os resultados mostram que a maioria dos pontos, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA 2018) está dentro da faixa de qualidade considerada razoável com valores de IQA entre 51 e 70, e boa com valores de IQA entre 71 e 90 (Tabela 7).

No período de seca, dos 4 tributários analisados 3 apresentaram melhor qualidade da água (boa) e o tributário representado pelo ponto 7, com qualidade razoável (Tabela 7). Em relação ao Rio Pirapó, todos os pontos analisados, com exceção do ponto 3, apresentaram qualidade de água razoável durante a seca (Tabela 7). No período de chuva, todos os pontos analisados nos tributários e no Rio Pirapó, apresentaram valores de IQA “razoáveis”, com exceção do ponto 4, que apresentou água “boa”, representado pelo único tributário deste grupo com influência rural (Tabela 7). Ainda espacialmente, os resultados deste índice sugerem uma tendência de menores valores na região de maior influência urbana, especialmente próximo a cidade de Maringá, e principalmente no período de chuva, enquanto que na seca os mais baixos valores de IQA foram verificados na região da cabeceira, sob influência do município de Apucarana (Tabela 7).

Com base nos resultados, não ficou evidente uma influência perceptível dos tributários analisados sobre a qualidade de água do Rio Pirapó. Desse modo, é possível que existam outros fatores poluentes, ou mesmo riachos não analisados neste estudo que podem conter cargas de poluentes mais elevadas do que as verificadas, que podem estar desempenhando essa queda do IQA no Rio Pirapó.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos em riachos, a fim de verificar a qualidade de suas águas (PINTO *et al.*, 2009; KEMERICHI *et al.*, 2012; LUCAS *et al.*, 2014; PIMENTEL *et al.*, 2017; FERREIRA *et al.*, 2018). Por exemplo, Pinto *et al.*, (2009) observaram que o fato de o valor de IQA ser superior em trechos de cabeceira estava relacionado principalmente a presença de mata ciliar às margens do ribeirão Lavrinha - MG, e os resultados inferiores a jusante estavam relacionados com a ocupação do solo e de pastagens, além de práticas de manejo adotadas, como queimadas para a limpeza desses locais.

Como descrito anteriormente, existem áreas agrícolas e outros sinais de degradação ambiental ao entorno do rio, tais como a ausência de vegetação ciliar em longos trechos, que tem importante papel de proteção frente aos poluentes difusos, que também podem afetar a qualidade da água (FERREIRA *et al.*, 2018). As cargas poluidoras difusas são geradas em áreas extensas e chega aos corpos de água de forma intermitente, o que dificulta sua identificação, medição e controle (LIBOS *et al.*, 2003). Ainda, essas cargas difusas estão intimamente associadas à geologia da região, a infiltração de agrotóxicos no solo proveniente de campos agrícolas, o aporte de nutrientes em córregos e rios através da drenagem urbana e à morfologia da bacia de drenagem (THOMANN e MUELLER, 1987).

No estudo realizado por Alves *et al.*, (2008), os autores apontaram que o recebimento de lançamentos de efluentes clandestinos de esgoto de origem urbana no Rio Pirapó havia alterado suas características físicas, químicas e biológicas. As alterações, na época, indicaram que a qualidade da água na área monitorada era imprópria para tratamento convencional e demonstrava a importância de novas análises para identificar as classes químicas dos compostos orgânicos presentes ao longo do rio, uma vez que, nesse trecho, a atividade agrícola era intensa e continua.

O uso de Índices como o IQA reflete principalmente a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante salientar que esse índice é desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB, 2012). Assim, a avaliação individual dos parâmetros que compõem um determinado índice deve ser considerada, principalmente quando um ou outro parâmetro estiver em desacordo com a legislação vigente (PIMENTEL *et al.*, 2017).

Para o índice de estado trófico (IET), os valores foram relativamente altos e pouco variáveis entre todos os pontos de amostragem investigados, com valores de IET no Rio Pirapó e nos tributários analisados variando entre 58 e 59 (Tabela 7), caracterizando os ambientes amostrados como mesotróficos (CETESB, 2008). Por fim, esses resultados reforçam a ideia de que os ambientes estudados podem estar recebendo constantemente carregamentos de nutrientes e matéria orgânica, o que pode acarretar em um comprometimento na qualidade da água e conseqüentemente nos seus distintos usos (DECKER *et al.*, 2018).

Tabela 7. Síntese dos resultados obtidos para o IQA e IET para cada ponto amostrado e suas classificações de acordo com os órgãos competentes.

| PONTOS | Período | Locais de amostragem | IQA | Categoria IQA | IET | Categoria IET |
|----------|---------|------------------------|-----|---------------|-----|---------------|
| PONTO 01 | seca | Rio Pirapó | 59 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 02 | seca | Rio Pirapó | 52 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 03 | seca | Rio Pirapó | 72 | boa | 58 | mesotrófico |
| PONTO 04 | seca | Tributário Dourados | 80 | boa | 58 | mesotrófico |
| PONTO 05 | seca | Rio Pirapó | 68 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 06 | seca | Tributário Sarandi | 76 | boa | 58 | mesotrófico |
| PONTO 07 | seca | Tributário Morangueiro | 62 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 08 | seca | Rio Pirapó | 70 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 09 | seca | Rio Pirapó | 69 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 10 | seca | Rio Pirapó | 69 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 11 | seca | Tributário Maringá | 79 | boa | 58 | mesotrófico |
| PONTO 12 | seca | Rio Pirapó | 69 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 13 | seca | Rio Pirapó | 70 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 14 | seca | Rio Pirapó | 70 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 01 | chuva | Rio Pirapó | 67 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 02 | chuva | Rio Pirapó | 63 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 03 | chuva | Rio Pirapó | 66 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 04 | chuva | Tributário Dourados | 78 | boa | 58 | mesotrófico |
| PONTO 05 | chuva | Rio Pirapó | 59 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 06 | chuva | Tributário Sarandi | 64 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 07 | chuva | Tributário Morangueiro | 59 | razoável | 59 | mesotrófico |
| PONTO 08 | chuva | Rio Pirapó | 61 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 09 | chuva | Rio Pirapó | 60 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 10 | chuva | Rio Pirapó | 60 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 11 | chuva | Tributário Maringá | 60 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 12 | chuva | Rio Pirapó | 58 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 13 | chuva | Rio Pirapó | 67 | razoável | 58 | mesotrófico |
| PONTO 14 | chuva | Rio Pirapó | 69 | razoável | 58 | mesotrófico |

Fonte: Os autores, 2018.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo apontam que a qualidade do Rio Pirapó, bem como de seus tributários, de maneira geral, pode ser considerada regular. No entanto, torna-se, essencial um incremento de novas pesquisas de monitoramento em relação ao impacto em rios, riachos e córregos urbanos na bacia do Rio Pirapó, uma vez que, esse importante corpo de água, abastece inúmeros municípios da região Norte do Estado do Paraná, e sofre com aumento da urbanização, e consequente lançamento clandestino de poluentes.

Além disso, estudos acerca dos impactos relacionados à ocupação do solo, agricultura e pecuária, entre outros, possibilitarão o acompanhamento das ações antrópicas nas áreas rurais desses municípios, o que certamente facilitará a implementação de programas de gestão de recursos hídricos para essa região.

WATER QUALITY IN THE UPPER PASS OF THE PIRAPÓ RIVER BASIN: AN URBAN RIVER IN THE SOUTH OF BRAZIL



The hydrographic basins in Brazil have been strongly hampered by the disorderly growth of cities, which added to the population growth, potentiate the existing impacts in these environments. Thus, considering the environmental impacts caused by urbanization and agricultural activities on water resources, this study aimed to evaluate the environmental quality of water bodies of the Pirapó River basin, in two different hydrological periods. Water samples were collected at 14 points along the Pirapó River and its main tributaries, located in the state of Paraná, Brazil. The results suggest that the analyzed parameters presented values within the legislation for water resources, in the different classes analyzed. Regarding the Water Quality Index, the results show that most of the points, in both periods, are within the quality range considered reasonable or good. For the Trophic State Index (EIT), the values were slightly variable, with all environments analyzed classified as mesotrophic. The results obtained in this study indicate that the quality of the Pirapó River, as well as of its tributaries, can be, in general, considered regular. Therefore, an increase in the number of monitoring studies in relation to the impact on the rivers, streams and urban streams in the Pirapó River basin is essential, since this important body of water supplies numerous municipalities in the Northern region of the State of Paraná.

Keywords: Lotic environments. Limnological parameters. Environment pollution.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. **Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA)**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n.1, p. 81-97, 2003.

ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUZA FILHO, E.E.; CARNIEL, A. **Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó-Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos**. Acta Scientiarum - Technology, v. 30 n. 1, p. 39-48, 2008.

ALVES, I. C. C.; EI-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil)**. Acta Amazônica, v. 42, n. 1, p. 115–124, 2012.

ANA - Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília, 2005.

_____. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. 2018. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: mar. 2018.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G. D.; ALMEIDA, F. T. D.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M. **Water quality index and eutrophication indices of Caiabi River, MT**. Revista Ambiente e Água, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.

ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. D. A. S.; NETO, J. M. M.; SOUTO, J. S.; REINALDO, L. R. L. R. **Bacias hidrográficas e impactos ambientais**. Qualitas Revista Eletrônica, v. 8, n. 1, p. 1-18, 2009.

ASSAD, L. **Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento**. Ciência e Cultura, v. 65, n. 2, p. 06-09, 2013.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bockman, 2002.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. **Eutrofização em Rios Brasileiros**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 9, n. 16, 2013.

BLUME, K. K.; MACEDO, J. C.; MENEGUZZI, A.; SILVA, L. B. D.; QUEVEDO, D. M. D.; RODRIGUES, M. A. S. **Water quality assessment of the Sinos River, southern Brazil**. Brazilian Journal of Biology, v. 70, n.4, p. 1185-1193, 2010.

BORGES, P. A. F.; RODRIGUES, L. C.; PAGIORO, T. A.; TRAIN, S. **Variação espacial do fitoplâncton e algumas variáveis abióticas no rio Pirapó, Estado do**

Paraná (Brasil) em agosto de 1999: um estudo preliminar. Acta Scientiarum - Biological Sciences, v. 25, n. 1, p. 1-8, 2003.

BORTOLETTO, E. C.; SILVA, H. A.; BONIFACIO, C. M.; AVARES, C. R. G. **Water quality monitoring of the Pirapó River watershed, Paraná, Brazil.** Brazilian Journal of Biology, v. 75, n. 4, p. 148-157, 2015.

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. **Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná.** Acta Scientiarum - Human and Social Sciences, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP).** Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 8 n. 1, p. 186-205, 2013.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água.** Química Nova, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios básicos de saneamento do meio.** 3. ed. Editora SENAC. São Paulo, 2003.

CASSARO, L.; CARREIRA, M. F. **Fatores de degradação ambiental da bacia de captação de água para a cidade de Maringá–rio Pirapó.** Revista Técnica da SANEPAR, v. 16, p. 35-41, 2001.

CETESB, **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo** Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

_____. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, Série de relatórios. 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

_____. Variáveis de Qualidade das Águas. Secretaria do Meio Ambiente. Série de relatórios, 2012. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

_____. Coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* - Determinação pela técnica de tubos múltiplos. Norma Técnica. Homologada pela Decisão de Diretoria – D. D. nº 011/2018/E, de 16/01/2018. 5. ed., 29p. 2018

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente - Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. **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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

_____. Resolução nº430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 22 dez. 2017.

CORADI, C. P.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. **Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil.** Ambiente e Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

DECKER, A.; PACHECO, M.; QUADRO, M.; SOARES, H.; NADALETTI, W.; ANDREAZZA, R. **Análise ambiental e qualidade da água da lagoa dos patos nas proximidades de uma tradicional comunidade de pescadores.** Revista gestão e sustentabilidade ambiental, v. 7, p. 105-123, 2018.

FERREIRA, R. P. S.; CORDEIRO, J.; CORDEIRO, T. S.; VIEIRA, E. D.; CORDEIRO, J. L.; CHAVES, S. L.; PEREIRA, S. **Characterization of the quality of the water of the affluents of Macuco Stream, district of Ipoema, Itabira (MG).** Research, Society and Development, v. 7, n. 6, p. e567183, 2018.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. **Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 20, n. 2, p. 267-275, 2015.

FRITZSONS, E.; HINDIL, E. C.; MANTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. **Consequências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial.** Floresta, v. 33, p. 201-214, 2003.

GELDREICH, E. E. The bacteriology of water. In: **Microbiology and microbial infections.** 9. ed. London: Arnold, 1998.

GOPAL, B.; WETZEL, R. G. **Limnology in Developing Countries.** International Association for Theoretical and Applied Limnology (SIL). New Delhi, 1995.

HENLEY, W. F.; PATTERSON, M. A.; NEVES, R. J.; LEMLY, A. D. **Effects of sedimentation and turbidity on lotic food webs: a concise review for natural resource managers.** Reviews in Fisheries Science, v. 8, n. 2, p. 125-139, 2000.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama>>. Acesso em: jun. 2018.

KEMERICH, P. D. C.; SILVA, R. F.; REQUE, P. T. **Determinação do índice de qualidade da água do arroio esperança.** Ciência e Natura, v. 34, n. 2, p. 83-98, 2012.

KLEPKA, V. **Qualidade da água na Bacia do Rio Pirapó: Uma análise das condições bióticas e abióticas.** Diálogos e Saberes, v. 7, n. 1, p. 9-17, 2011.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 2. ed. Campinas: Átomo, 2008.

LIBOS, M. I. P. C.; ROTUNNO FILHO, O. C.; ZEILHOFER, P. **Modelagem da poluição não pontual na bacia do Rio Cuiabá baseada em geoprocessamento.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n. 4, p. 115-135, 2003.

LIPPERT, M. **Estrutura e dinâmica da comunidade do protoplâncton de um córrego urbano de uma área de preservação ambiental.** Tese (Doutorado em Biologia das Interações Orgânicas) – Universidade Estadual de Maringá UEM, Maringá, PR, 2014.

LOPES, J. **Água, fator limitante do desenvolvimento: a região de Maringá–PR.** Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2001.

LUCAS, A. A. T.; MOURA, A. S. A.; NETTO, A. D. O. A.; FACCIOLI, G. G.; SOUSA, I. F. **Qualidade da água no Riacho Jacaré, Sergipe Brasil usada para irrigação.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI, v. 8, n. 2, p.98-105, 2014.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. **Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais.** Ambiente e Sociedade, v. 11, p. 67-79, 2008.

MEDEIROS, S. R. M.; CARVALHO, R. G.; SOUZA, L.; BARBOSA, A. H. S. **Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil.** Revista Ambiente e Água, v. 11, n. 3, p. 711-730, 2016.

MELO, C. O. D.; PARRÉ, J. L. **Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 45, n. 2, p. 329-365, 2007.

MENDONÇA, H. S. S. **Ciliados planctônicos e epibentônicos do Rio das Velhas e tributários, MG: ecologia e uso potencial para bioindicação da qualidade das águas.** Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2012.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

NTENGWE, F. W. **Pollutant loads and water quality in streams of heavily populated and industrialised towns.** Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, v. 31, n. 15-16, p. 832-839, 2006.

OLIVEIRA, T. M. B. F.; DI SOUZA, L.; CASTRO, S. S. L. **Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró - RN - Brasil.** Eclética Química, v. 34. n. 3, p. 17-26, 2009.

PARANÁ. Secretaria do estado de Meio Ambiente. **Agencia nacional de águas. Bacias Hidrográficas do Paraná – Série Histórica.** 2. ed. ANA/SEMA, 2013 Disponível em:<http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2017.

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. **Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC.** Boletim Paranaense de Geociências, v. 56, p. 7-19, 2005.

PIMENTEL, O. V. P.; ANJOS, F. R.; BOMFIM, M. O.; MENDONÇA, A. L. **Análise de IQA e IET do Riacho do Silva.** Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 4, n. 1, p. 23-32, 2017.

PINTO, D. B. F.; SILVA, A. M. D.; MELLO, C. R. D.; COELHO, G. **Water quality on Lavrinha Stream in Alto Rio Grande region, Minas Gerais State, Brazil.** Ciência e Agrotecnologia, v.33, n. 4, p. 1145-1152, 2009.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. **Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, p. 623-639, 2004.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. **Impacts of precipitation on the water quality of the Purus River.** Acta Amazonica, v.38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SILVA, R. D. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA).** Ciência e Saúde Coletiva, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; CONDÉ, N. M.; CARVALHO, W. B. E.; CARVALHO, C.V.M. **Analysis of potability conditions of up welling water in Ubá, MG.** Revista Ambiente e Água, v. 10, n. 3, p. 614-622, 2015.

SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFM, 2007. 211p.

SUTIL, T.; MAFFESSIONI, D.; BENVENUTI, T.; LADWIG, N. I.; BACK, Á. J. **Análise da qualidade hídrica do rio Tega, Caxias do Sul-RS, Brasil.** Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, v. 7, p. 124-142, 2018.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of surface water quality modeling and control.** New York: Harper e How, 1987. 644 p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. RiMa, IIE. São Carlos, 2003. 248p.

VON SPERLING, M. **Princípio do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de 65 esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 4. ed. (ampliada), 2014. 470 p.

WETZEL, RG. **Limnology**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

