

# Biomonitoramento ambiental de corpo hídrico na área rural de Joinville (SC)

*Environmental monitoring of a water body in the countryside of Joinville (SC)*

Giovanna Cristina **DORABIATTO**<sup>1</sup>; Eduarda Zeni **NEVES**<sup>2</sup>; Beatriz de Oliveira **TORRENS**<sup>1</sup> & Michele Cristina Formolo **GARCIA**<sup>1,3</sup>

## RESUMO

A área rural de Joinville tem como característica principal a atividade de agricultores de pequeno e médio porte, juntamente com o turismo rural. A Estrada Bonita, localizada na Área de Proteção Ambiental Serra Dona Francisca, tem vários estabelecimentos relacionados ao turismo rural, tais como hotéis, trilhas e restaurantes. O Rio Pirabeiraba situa-se ao lado dessa estrada e recebe muitos visitantes e banhistas. Portanto, é importante monitorar o rio para saber se essas atividades adjacentes estão impactando o rio. O monitoramento foi realizado por meio da análise de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e ecotoxicológicos em dois pontos distintos (A e B) do rio durante 12 meses, para verificar possíveis alterações nas características de acordo com a região e a sazonalidade. Para verificar se há despejo de efluentes domésticos, fez-se teste para detectar a presença de coliformes termotolerantes. Para verificar se há toxicidade ecológica, foi utilizado o microcrustáceo bioindicador *Daphnia magna*. Ambos os pontos se mostraram impactados e com alterações no ciclo de vida de *Daphnia magna*. A análise microbiológica mostrou que o ponto B tem mais incidência de coliformes em todos os meses de coleta, sendo o número superior ao estabelecido pela Resolução Conama n.º 357.

**Palavras-chave:** coliformes; *Daphnia magna*; qualidade da água; Rio Pirabeiraba; toxicidade.

## ABSTRACT

The main feature of the countryside of Joinville is the activity of small and medium farmers along with rural tourism. Estrada Bonita is a road which is located inside the environmental protection area Serra Dona Francisca, and contains many establishments related to rural tourism, such as hotels, trecks and restaurants. Alongside this road is located Pirabeiraba river which receives many visitors and bathers. In this context it is important to monitor the river to know if these adjacent activities are causing impact. Environmental monitoring was performed through the analysis of physico-chemical, microbiological and ecotoxicological parameters in two distinct points (A and B) of the river during twelve months, to verify if there would be changes in the parameters according to the region and seasonality. To check if there is a discharge of domestic effluents, tests were performed to detect the presence of thermotolerant coliforms and to check for ecological toxicity, the bioindicator microcrustacean *Daphnia magna* was used. Both points were shown to be impacted and with changes in the life cycle of *Daphnia magna*. The microbiological analysis showed that point B has a higher incidence of coliforms in all months of sampling, this number being higher than that established by Conama 357.

**Keywords:** coliforms; *Daphnia magna*; Pirabeiraba river; quality of water; toxicity.

Recebido em: 30 ago. 2019

Aceito em: 8 jul. 2020

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Biológicas, Universidade da Região de Joinville (Univille), Rua Paulo Malschitzki, n.º 10, Zona Industrial – CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil.

<sup>2</sup> Mestrado em Engenharia de Processos, Univille, Joinville, SC, Brasil.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: michelegarcia@univille.br.

## INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), o município de Joinville, no estado de Santa Catarina, possui um território de 1.126,106 km<sup>2</sup>; os estabelecimentos agropecuários contemplam 314,88 km<sup>2</sup> dessa área. O censo demográfico do IBGE (2010) demonstrou que, dos 515.288 habitantes da cidade de Joinville, 19.373 residem na chamada zona rural.

De acordo com a Companhia Águas de Joinville (2018), os serviços de coleta e tratamento de esgoto atendem atualmente a 34,10% de toda a extensão do município, sendo o atendimento à zona rural quase inexistente. A atuação da agricultura nessa área tem predominância de lavouras permanentes, com plantio de laranjeiras e bananeiras, e de lavouras temporárias, em sua maioria plantio de cana-de-açúcar, feijão, mandioca e milho; quanto à pecuária, predominam a bovinocultura, a suinocultura e a avicultura de corte (IPPUJ, 2016).

A região hidrográfica do Atlântico sul abrange 451 municípios, dentre os quais se encontra o de Joinville, com predomínio de rios de pequeno porte, que correm diretamente para o Oceano Atlântico (KNIE, 2002). O bioma da região é mata atlântica, e existem ainda vários ecossistemas associados, tais como manguezais, restingas e campos (SEVEGNANI & SCHROEDER, 2013). A mata atlântica encontra-se muito degradada pelo desmatamento, em virtude da ocupação humana, já que a intervenção antrópica causa alteração ambiental, gerando problemas sérios não só para o meio ambiente, como também para o próprio ser humano (PREFEITURA DE JOINVILLE, 2018). A devastação do meio ambiente vem gerando preocupação em escala mundial, pois os espaços naturais estão cada vez mais restritos e alterados (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Conforme Torres *et al.* (2009), as bacias hidrográficas constituem ecossistemas adequados para a avaliação dos impactos causados pela atividade do homem, os quais acarretam riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e da qualidade da água.

Consta no Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville (PREFEITURA DE JOINVILLE, 2010) que o Rio Pirabeiraba é um dos principais afluentes da bacia hidrográfica do Rio Palmital e que essa bacia drena uma área de 375,6 km<sup>2</sup>. Os outros afluentes são os rios da Onça, Sete Voltas, do Saco, Pirabeirabinha, Três Barras, Cavalinho, Cupim, Turvo, Bonito e Canela. A bacia hidrográfica encontra-se em região estuarina, a qual recebe contribuições de vários cursos d'água e, em decorrência disso, está sob influência das marés (PREFEITURA DE JOINVILLE, 2010). Na bacia hidrográfica do Rio Palmital, a relação de vegetação nativa (mata atlântica) por habitante é de 9.698 m<sup>2</sup>.

Nas proximidades do Rio Pirabeiraba está localizada a Estrada Bonita, na região rural do município de Joinville, a qual faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Serra Dona Francisca (PREFEITURA DE JOINVILLE, 2017). A Estrada Bonita é um ambiente utilizado para o turismo rural, ecoturismo e agricultura familiar de Joinville, projeto cuja implantação aconteceu a partir de 1990, por meio da iniciativa do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar Pronaf (SILVA & ESTEVES, 2011). O projeto é fonte de renda para muitos agricultores e comerciantes, sendo local de vários recantos, restaurantes de gastronomia típica, pesque-pagues, hospedagem, trilhas e áreas destinadas ao campismo. Conseqüentemente, por estar na região, o Rio Pirabeiraba recebe muitos visitantes e banhistas (IPPUJ, 2016).

Merten & Minella (2002) ressaltam que o uso do solo pelas atividades agrícolas tem a capacidade de intervir nos sistemas naturais, pois tais atividades podem alterar os processos biológicos, físicos e químicos que acontecem no ambiente.

Diante do exposto, há necessidade de monitorar esses processos, para garantir que o ambiente não seja impactado gravemente. A informação sobre a qualidade da água é necessária para a compreensão dos processos ambientais e também dos corpos hídricos, em relação aos impactos da população na bacia hidrográfica, sendo essencial o planejamento de sua ocupação para controlar os impactos (EMBRAPA, 2011).

O efluente sanitário sem tratamento adequado também é um fator de contaminação para os corpos hídricos, pois pode veicular doenças infecciosas, influenciando diretamente na saúde da população que entra em contato com a água contaminada (AMARAL *et al.*, 2003). Segundo a Resolução Conama n.º 357 (CONAMA, 2005), a bactéria *Escherichia coli* vive exclusivamente no trato digestório de animais de sangue quente, é representante do grupo dos coliformes termotolerantes e, portanto, indicadora da presença de efluentes domésticos.

O número de coliformes termotolerantes em um manancial é um ótimo indicador de contaminação recente, oriunda principalmente de despejo de esgoto doméstico, além da presença de animais

próximo às margens do manancial, demonstrando condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, sendo um risco para a saúde pública (RODRIGUES *et al.*, 2009; CUNHA *et al.*, 2010). Para Leal (2012), a existência de coliformes na água é um importante indicador de que organismos patogênicos podem estar presentes, favorecendo a transmissão de doenças por veiculação hídrica.

Nesse contexto, os organismos que vivem em contato com os corpos hídricos impactados podem demonstrar modificações em seu ciclo de vida e apresentar níveis de tolerância e sensibilidade diferentes (ALBA-TERCEDOR, 1996).

Diante dessa situação, além do uso de testes que avaliem a presença de coliformes, também há a necessidade de entender como os outros organismos se comportam nas amostras coletadas de um corpo hídrico. Segundo Callisto *et al.* (2004), a utilização de invertebrados aquáticos permite a integração da avaliação no que diz respeito a efeitos ecológicos, que podem ser resultado de muitas fontes de poluição. Além disso, os bioindicadores são mais eficientes do que as medidas instantâneas de parâmetros físico-químicos, como, por exemplo, temperatura, pH e oxigênio dissolvido.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar o monitoramento de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e ecotoxicológicos das águas do Rio Pirabeiraba.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o Rio Pirabeiraba, no espaço voltado à recreação de contato primário, tal como natação e mergulho, conforme Resolução Conama n.º 274 (2000), na parte localizada junto à Estrada Bonita, na região rural do município de Joinville, estado de Santa Catarina. Essa área se encontra na APA Serra Dona Francisca (IPPUJ, 2016).

Foram escolhidos dois pontos (A e B) do rio (figura 1): o ponto A (latitude 26°7'15.21"S / longitude 48°56'24.32"O) é a primeira área de possível acesso terrestre, por meio da Estrada Bonita; o ponto B (latitude 26°7'23.90"S / longitude 48°56'12.41"O) está localizado em área mais evidentemente antropizada e, em seu entorno, há vários recantos de lazer. Nas adjacências do rio, existem vários estabelecimentos: mais próximo ao ponto A está o Recanto Estrada Bonita; já perto do ponto B estão o Recanto Estrada Bonita, o Recanto Esmeralda e o Restaurante Tia Martha, tais como outras áreas de ocupação humana, como casas de especialidades coloniais (figura 1). Os dois pontos são separados por uma distância de 450 m.



**Figura 1** – Área de estudo com os pontos de coleta de água no Rio Pirabeiraba e ocupações humanas nas adjacências. Fonte: Google Earth.

## COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras de água foram coletadas em garrafas de Duran, acondicionadas em geladeira, seguindo a NBR 9.898, que estipula o prazo de análise até 24 h após a coleta (ABNT, 1987). As coletas para o ensaio de coliformes foram colocadas em garrafas Duran esterilizadas. Para os demais ensaios, utilizaram-se garrafas Duran lavadas com Extran 1%. Realizaram-se coletas mensais entre agosto de 2016 e setembro de 2017, sempre observando um mínimo de 24 h de estiação.

## ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Durante as coletas, verificaram-se pH e condutividade com sonda multiparâmetros. Os valores de pH foram comparados com os preconizados pela Resolução Conama n.º 357. Os valores de condutividade das amostras foram comparados com os da literatura.

## ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES

As análises de coliformes termotolerantes foram efetuadas pela técnica dos tubos múltiplos segundo Rice *et al.* (2012). Por meio dessa metodologia, foi possível calcular o número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes por ml de amostra. O método consiste em duas fases; a primeira denomina-se presuntiva e a segunda, confirmativa. As amostras dos dois pontos foram diluídas nas proporções 1:1, 1:10, 1:100 e 1:1000 e analisadas em quintuplicata. Após o teste presuntivo, houve o teste confirmativo, que consiste em cultivar o conteúdo dos testes presuntivos positivos em meio próprio para a bactéria *Escherichia coli*, sendo assim possível confirmar sua presença e estimar sua quantidade.

## ENSAIO DE ECOTOXICIDADE

O ensaio crônico de ecotoxicidade seguiu o recomendado por Brentano (2006). Para tanto, empregaram-se organismos jovens do microcrustáceo *Daphnia magna* (2-26 horas de idade), obtidos a partir de fêmeas cultivadas segundo a NBR 12.713. Os organismos ficaram expostos por um período de 21 dias às mesmas condições controladas diariamente no cultivo.

A metodologia foi conduzida com as amostras obtidas dos dois pontos de coleta (A e B) na concentração de 100%, além de uma amostra controle. A análise foi realizada em 10 réplicas, dispondo individualmente 10 organismos-teste em copos béqueres de 50 ml, contendo 25 ml das amostras e do controle. Os recipientes foram cobertos com filme PVC, para evitar a evaporação e a contaminação do teste por bactérias ou fungos. Mantiveram-se os ensaios em incubadora BOD (*biochemical oxygen demand*), com luminosidade difusa (fotoperíodo de 16 horas de luz) e temperatura de 18°C a 22°C. Os organismos-teste receberam diariamente alimentação, sendo fornecida como alimento a alga clorofícea *Scenedesmus subspicatus*, em concentrações próximo a 10<sup>7</sup> células.ml<sup>-1</sup>.

Na primeira semana de teste, os organismos foram acompanhados com observações diárias e, após esse período, com observação e leituras três vezes por semana, em dias intercalados: segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira. Nesses momentos eram feitas as leituras de sobrevivência e de número de jovens gerados por fêmea, sendo realizada também a troca de água das soluções-teste antigas e do controle, porém conservando-se o mesmo volume inicial e tendo a devida atenção para a manutenção dos parâmetros físico-químicos dentro dos padrões toleráveis pela espécie.

Na execução dos testes analisaram-se dois parâmetros: a longevidade e a fecundidade dos organismos. A longevidade consiste em observar, ao longo dos 21 dias de teste, a quantidade de organismos sobreviventes; já a fecundidade é calculada pela média de filhotes para cada teste, por meio da contagem total de neonatos e, posteriormente, da divisão desse total pelo número de mães multiplicado pelo número de posturas, como na seguinte equação:

$$\text{Média} = \frac{n^{\circ} \text{ total de jovens}}{n^{\circ} \text{ de mães} \times n^{\circ} \text{ de posturas}}$$

Posteriormente houve a comparação dos resultados obtidos por intermédio dos cálculos de fecundidade e longevidade dos organismos dos pontos A e B com os resultados dos mesmos parâmetros obtidos no teste controle. Tal comparação ocorreu por meio da comparação dos percentuais de longevidade e de fecundidade dos testes crônicos das amostras A e B em relação ao controle.

Conforme Terra & Feiden (2003), para a validação do controle, efetuou-se a média geral do número de filhotes, sendo o teste considerado válido quando a média geral de neonatos em todos os controles for superior a 20 e também quando o controle expressar pelo menos 80% de sobrevivência de *D. magna* adulto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

#### pH

Na tabela 1 podem ser observadas as oscilações de pH nos pontos A e B ao longo do período de análise. No ponto A, o pH variou de 5,12 a 7,97; no ponto B, a variação foi de 5,21 a 7,53. A Resolução Conama n.º 357 estabelece que os valores de pH de rios classe 1 podem variar entre 6 e 9. Observou-se que apenas uma amostra do mês de julho de 2017 do ponto A esteve fora desse intervalo (5,12), bem como uma amostra de junho de 2017 do ponto B (5,21).

**Tabela 1** – Valores de pH para as amostras coletadas nos pontos A e B por mês ao longo de um ano, do Rio Pirabeiraba, área rural de Joinville, SC.

Meses de coleta	Ponto A	Ponto B
Setembro/2016	7,1	7,31
Outubro/2016	7,09	7,27
Novembro/2016	7,3	7,43
Dezembro/2016	6,35	7,13
Janeiro/2017	7,15	7,32
Fevereiro/2017	7,33	7,43
Março/2017	6,00	6,24
Abril/2017	7,13	7,53
Mai/2017	7,65	7,17
Junho/2017	7,97	5,21
Julho/2017	5,12	7,5
Agosto/2017	6,52	7,2

Por meio das medidas de pH, é possível obter informações sobre a qualidade da água no local coletado. Nas águas naturais as variações desse parâmetro, em geral, são ocasionadas pela produção ou pelo consumo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sendo esta produção ou este consumo acarretado por fenômenos de respiração e fotossíntese dos organismos presentes na água e, nesses processos, são produzidos ácidos orgânicos fracos (BRANCO, 1986).

De acordo com Farias *et al.* (2011), o pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, visto que, quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, por causa da ação dos microrganismos.

Assim, no presente estudo, acredita-se que o pH mais baixo em algumas amostras pode ter sido oriundo da maior atividade microbiana pontual.

### Condutividade

A condutividade no ponto A ficou entre  $7 \mu\text{s.cm}^{-1}$  e  $40,2 \mu\text{s.cm}^{-1}$ , não acima do valor limite de condutividade para águas naturais ( $100 \mu\text{s.cm}^{-1}$ ). O ponto B apresentou-se acima do valor estabelecido em 10 das 12 amostras, tendo medidas entre  $70 \mu\text{s.cm}^{-1}$  e  $140 \mu\text{s.cm}^{-1}$  (tabela 2). Quanto mais poluída a água, maior será seu conteúdo mineral e, por conseqüente, maior será sua condutividade (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003 *apud* FARIAS *et al.*, 2011).

Ainda de acordo com Farias *et al.* (2011), o parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais íons estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos e outros efluentes.

Mesmo que alguns meses tenham sido mais chuvosos que outros, não houve muita diferença nos valores de condutividade entre os meses, já que, desde novembro de 2016 até agosto de 2017, o valor da condutividade esteve acima do limite.

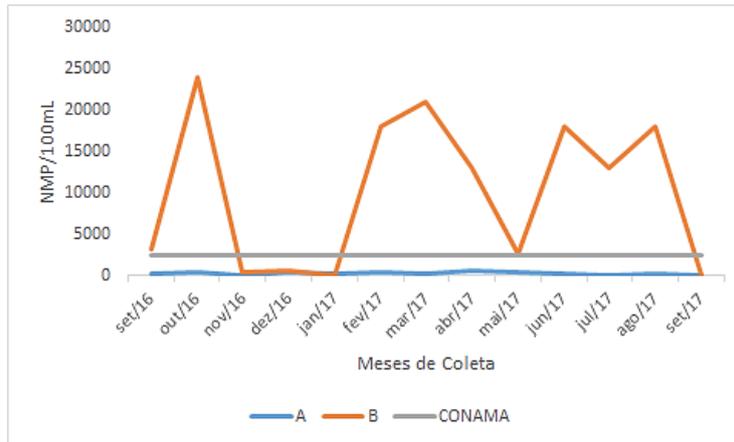
**Tabela 2** – Valores de condutividade para os pontos A e B, do Rio Pirabeiraba, área rural de Joinville, SC.

Meses de coleta	A	B
Setembro/16	36,1	79,3
Outubro/16	8	70
Novembro/16	19	133
Dezembro/16	17	109
Janeiro/17	22	143
Fevereiro/17	11	110
Março/17	14,4	134,4
Abril/17	7	113
Mai/17	32	133
Junho/17	37,8	117,5
Julho/17	23,6	140
Agosto/17	40,2	132

### Análise de coliformes

No presente trabalho não foram realizadas análises de coliformes totais, por serem todas as amostras provenientes de águas brutas, onde as bactérias estão sempre presentes. Conforme Farias *et al.* (2011), apenas os coliformes termotolerantes são considerados indicadores de contaminação fecal recente, seja por material fecal de animais homeotérmicos seja por esgotos.

Embora os pontos A e B sejam próximos, a diferença apresentada entre eles com relação ao padrão microbiológico é bem drástica (figura 2). Os resultados obtidos para o ponto A foram constantes ao longo de todo o período de análise e se apresentaram abaixo do valor estabelecido pela Resolução Conama n.º 357 (2500 NMP/100 ml em mais de 80% das amostras), demonstrando que o ponto amostral selecionado, ainda que esteja localizado em uma propriedade particular, mostra baixo impacto antrópico sobre o ambiente.



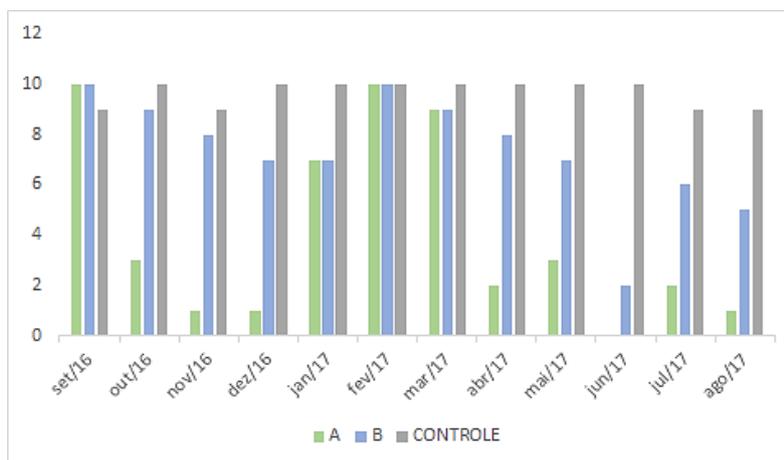
**Figura 2** – Resultados da técnica NMP/100 ml de coliformes para os pontos A e B ao longo do período avaliado e o valor máximo estabelecido pela Resolução Conama n.º 357, Rio Pirabeiraba, área rural de Joinville, SC.

Para o ponto B, a maioria dos pontos de monitoramento evidenciou valores de coliformes termotolerantes acima do limite estabelecido pela Resolução Conama n.º 357 para águas doces classe II, o que demonstra a ocorrência de descarga de esgotos sanitários nos corpos hídricos avaliados. A descarga pode estar vindo dos estabelecimentos nas proximidades do ponto amostral. As análises demonstraram picos em outubro de 2016, fevereiro, março, abril, junho, julho e agosto de 2017, com valores muito acima dos padrões estabelecidos para águas doces classe II pela Resolução Conama n.º 357. Para o ponto B, os meses que apresentaram índices inferiores para coliformes termotolerantes foram novembro e dezembro de 2016 e janeiro e maio de 2017, que são meses de maior incidência de chuvas na região. O ponto B também exibiu resultados superiores ao permitido pela Resolução Conama n.º 274, que revisa os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

ENSAIOS DE ECOTOXICIDADE

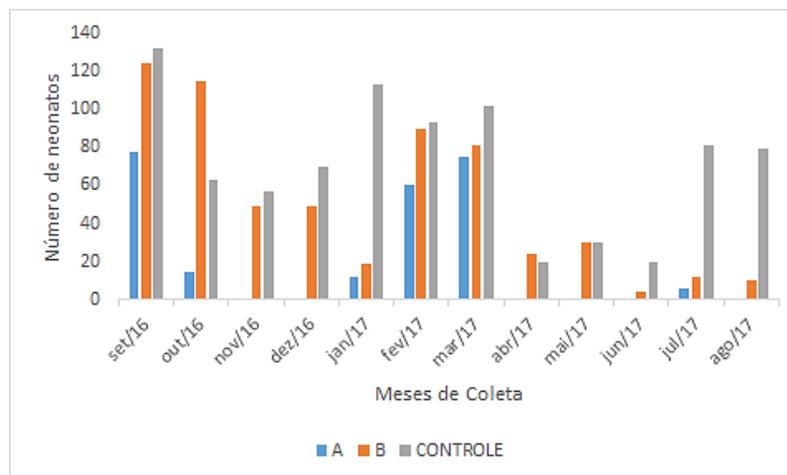
*Longevidade e validação do controle*

O controle foi considerado válido, já que mais de 80% dos indivíduos adultos da espécie *D. magna* sobreviveram. A longevidade pode ser observada na figura 3, na qual se verifica que os resultados obtidos no presente trabalho para o controle estão dentro do esperado, quando comparados com os resultados de Terra & Feiden (2003) e Brentano (2006), os quais relatam que, para assegurar a validade do teste, é necessário que o controle apresente pelo menos 80% de sobrevivência dos organismos adultos.



**Figura 3** – Longevidade de *Daphnia magna* para os meses avaliados em relação aos pontos de coleta A, B e teste controle do Rio Pirabeiraba, área rural de Joinville, SC.

A média de neonatos por teste controle foi de 71 indivíduos, estando dentro dos critérios de validação do teste. Os números de neonatos dos pontos A, B e teste controle estão expressos na figura 4. Ainda de acordo com Terra & Feiden (2003) e Brentano (2006), a média de filhotes por fêmea deve ser igual ou maior que 20 indivíduos ao fim do teste. Obteve-se a média de mais de 20 filhotes por fêmea em todas as estações para o controle, conforme se pode visualizar na figura 4.



**Figura 4** – Número total de filhotes nos pontos A, B e teste controle, mês a mês, do Rio Pirabeiraba, área rural de Joinville, SC.

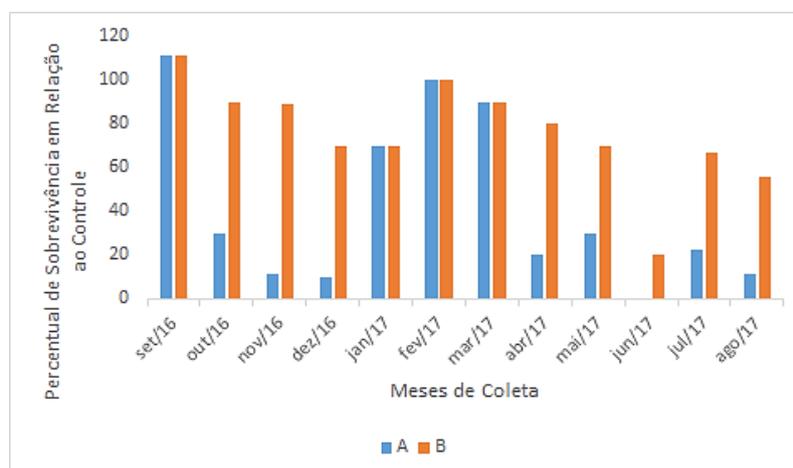
A longevidade é o tempo de vida de um organismo sob determinado conjunto de condições de desenvolvimento (FONSECA, 1991). No presente experimento, o parâmetro foi verificado pelo acompanhamento da sobrevivência dos organismos para as amostras referentes aos pontos A e B em comparação à amostra padrão (figura 3).

Observou-se que os organismos-teste foram mais severamente prejudicados em seu ciclo de vida para as amostras referentes ao ponto A. Interessante notar que esses dados foram inversamente proporcionais aos dados obtidos pelas análises de condutividade e coliformes termotolerantes.

Em relação ao ponto B, os organismos-teste parecem ter sido menos afetados, obtendo-se valores iguais ou acima de 80% de longevidade para os meses de setembro, outubro e novembro de 2016 e fevereiro, março e abril de 2017. E mesmo para os meses de dezembro de 2016, janeiro, maio, julho e agosto de 2017, os valores ainda foram iguais ou superiores a 50%.

Assim, sugere-se a necessidade de estudos posteriores para monitorar outros parâmetros que podem estar influenciando a longevidade e a fecundidade desses organismos.

No que se refere ao controle, observou-se uma média de 42,13% de longevidade no ponto A e 76,02% no ponto B (figura 5).



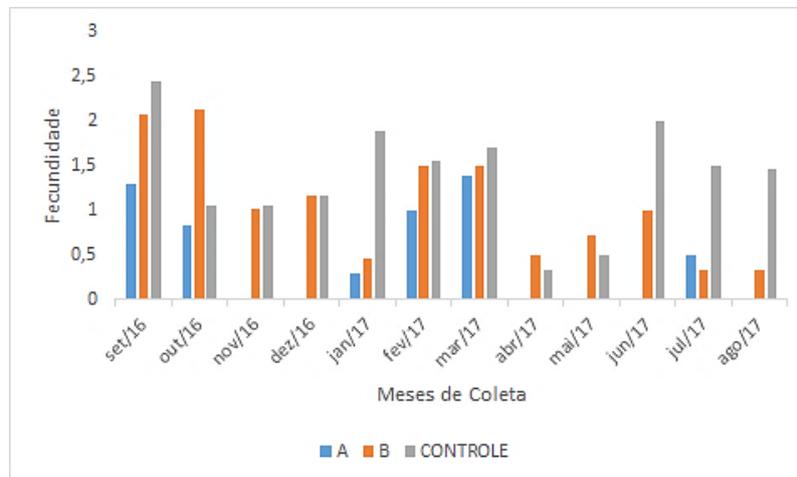
**Figura 5** – Percentual de longevidade dos organismos em ambos os pontos A e B em relação ao Controle, do rio Pirabeiraba, área rural de Joinville, SC.

### Fecundidade

A fecundidade dos organismos da espécie *Daphnia magna* pode ser observada na figura 6. A taxa de fecundidade variou de 0 a 1,38 no ponto A, de 0,3 a 2,12 no ponto B e de 0,5 a 2,44 no controle. A fecundidade dos organismos foi severamente impactada no ponto A nos meses de novembro e dezembro de 2016, como também nos meses de abril, junho e agosto de 2017, já que nesses meses não houve a presença de neonatos.

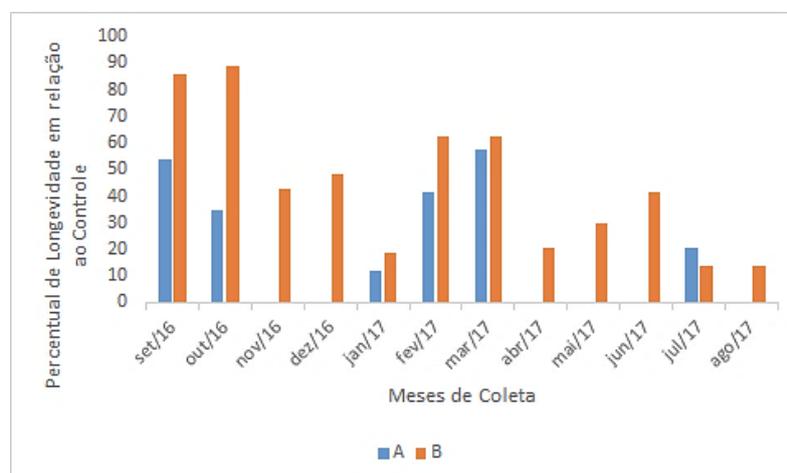
No mês de outubro de 2016, a fecundidade dos organismos em contato com a amostra do ponto B (2,129) superou a fecundidade dos organismos no controle (1,05). Comparando-se tal análise com as outras, essa mesma amostra obteve o menor valor de condutividade, mas também o maior valor para coliformes termotolerantes.

Scheller (2012) também constatou, em seus estudos com o mesmo organismo, que determinadas amostras mostraram fecundidade maior que o controle e atribuiu o fato a uma possível condição ambiental desfavorável. Essa alteração no comportamento é um alerta para o tipo de dano ou estresse causado por uma substância prejudicial ou uma alteração das condições de cultivo.



**Figura 6** – Fecundidade dos organismos da espécie *Daphnia magna* para os pontos A, B e controle, do Rio Pirabeiraba, área rural de Joinville, SC.

Em relação ao controle, a fecundidade média verificada para o ponto A foi de 18,4% e para o ponto B, de 44,15% (figura 7). Isso mostra que, além de a longevidade dos microcrustáceos da espécie *Daphnia magna* ter sido afetada, também houve a diminuição da sua taxa de fecundidade.



**Figura 7** – Percentual de fecundidade dos organismos em relação ao controle, Rio Pirabeiraba, área rural de Joinville, SC.

## CONCLUSÃO

No que tange os parâmetros físico-químicos, o pH mensurado em ambos os pontos de coleta atendeu ao estabelecido pela Resolução Conama n.º 357 na maioria dos meses analisados; apenas uma amostra de cada ponto de coleta se apresentou mais ácida.

Já quanto à condutividade, esta se mostrou acima do valor estabelecido para os corpos hídricos naturais para a maioria das amostras coletadas no ponto B.

Os ensaios ecotoxicológicos evidenciaram que a água de ambos os pontos de coleta provocou a morte dos organismos testados, porém a toxicidade se expressou mais drasticamente no ponto A.

Como alguns parâmetros verificados não estão de acordo com a Resolução Conama n.º 357, entende-se que o Rio Pirabeiraba está sendo impactado pelas atividades antrópicas adjacentes.

Diante dos resultados obtidos e considerando a Resolução Conama n.º 274, as águas do Rio Pirabeiraba no ponto B seriam consideradas impróprias para banho.

Embora o ponto A esteja dentro dos limites das Resoluções n.ºs 357 e 274 para coliformes termotolerantes e não tenha apresentado valores de condutividade alterados, os testes ecotoxicológicos demonstraram que esse ponto tem alta taxa de toxicidade. Portanto, recomendam-se estudos mais aprofundados para investigar a possível causa da toxicidade nesse ponto.

## REFERÊNCIAS

- Alba-Tercedor, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). Almería; 1996. p. 203-213.
- Amaral, L. A., Nader Filho, A., Rossi Junior, O. D., Ferreira, F. L. A. & Barros, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. Revista de Saúde Pública. 2003; 37(4): 510-514.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102003000400017>
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – procedimentos. Rio de Janeiro; 1987. 22 p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.713: ecotoxicologia aquática – toxicidade aguda – método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro; 2003. 27 p.
- Branco, S. M. Hidrologia aplicada à engenharia sanitária. 3. ed. São Paulo: Cetesb; 1986. 620 p.
- Brentano, D. M. Desenvolvimento e aplicação do teste de toxicidade crônica com *Daphnia magna*: avaliação de efluentes tratados de um aterro sanitário [Dissertação de Mestrado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2006.
- Brigante, J. Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. In: Espíndola, E. L. G. Limnologia fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Rima; 2003. p. 55-75.
- Callisto, M., Gonçalves Júnior, J. F. & Moreno, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: Goulart, E. M. A. (ed.). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. Belo Horizonte. UFMG; 2004. p. 555-567.
- Companhia Águas de Joinville. Joinville: cidade em dados 2018. Joinville: Sepud; 2018. 51 p.
- Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.º 274, de 29 de novembro de 2000. Estabelece condições de balneabilidade das águas brasileiras. Brasília; 2000.
- Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.º 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. Brasília; 2005.
- Cunha, A. H., Tartler, N., Santos, R. B. & Fortuna, J. L. Análise microbiológica da água do Rio Itanhém em Teixeira de Freitas – BA. Revista de Biociências. 2010; 16(2): 86-93.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de procedimentos de análise físico-química da água. Colombo: Embrapa Florestas; 2011. 67 p.

Farias, M. S. S., Dantas Neto, J. & Lima, V. L. A. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo: parâmetros físico-químicos. Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas. 2011; 6(1): 161-170. doi: 10.15675/gepros.v0i1.870

Fonseca, A. L. A biologia das espécies *Daphnia leavis*, *Ceriodaphnia dubia silvestri* (Crustacea, Cladocera) e *Poecilia reticulata* (Pisces, Poeciliidae) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais [Dissertação de Mestrado]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 1991.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010. [Acesso em: 8 nov. 2017]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=420910>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo territorial 2016. [Acesso em: 8 nov. 2017]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=420910>.

IPPUJ – Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville. Joinville: cidade em dados 2016. Joinville; 2016.

Knie, J. L. W. (org.). Atlas ambiental da região de Joinville: Complexo hídrico da Baía da Babitonga. 2. ed. Florianópolis: Fatma / GTZ; 2002. 52 p.

Leal, J. T. C. P. Água para consumo na propriedade rural. Belo Horizonte: Emater-MG; 2012. 18 p.

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. 2002; 3(4): 33-38.

Oliveira T. M. N. de, Ribeiro, J. M. G. & Magna, D. J. (orgs.). Diagnóstico ambiental do rio do Braço. Joinville: Editora Univille; 2009. 114 p.

Prefeitura de Joinville. Plano de manejo da APA Serra Dona Francisca. [Acesso em: 8 nov. 2017]. Disponível em: [http://sistemaspmj.joinville.sc.gov.br/documentos\\_vivacidade/Plano%20de%20Manejo%20APA/Resumo%20Executivo/resumo.pdf](http://sistemaspmj.joinville.sc.gov.br/documentos_vivacidade/Plano%20de%20Manejo%20APA/Resumo%20Executivo/resumo.pdf).

Prefeitura de Joinville. Plano municipal de conservação e recuperação da mata atlântica do município de Joinville. Joinville: Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente; 2018. 137 p.

Prefeitura de Joinville. Plano municipal de saneamento básico de Joinville – SC: diagnóstico do meio físico, biótico, econômico e social – 1022-PMJ-PMS-RT-PO03 – Revisão 1. Joinville: Secretaria de Administração; 2010. 164 p.

Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D. & Clesceri, L. S. Standard methods for examination of water and wastewaters. 22. ed. Washington: American Public Health Association; 2012. 724 p.

Rodrigues, J. R. D. D., Jorge, A. O. C. & Ueno, M. Avaliação da qualidade das águas de duas áreas utilizadas para recreação do rio Piracuama – SP. Revista Biociências. 2009; 15(2): 88-94.

Scheller, A. Avaliação da toxicidade crônica com *Daphnia magna* Straus, 1820, na bacia hidrográfica do Rio Cachoeira – Joinville/ SC [Trabalho de Conclusão de Curso]. Joinville: Universidade da Região de Joinville; 2012.

Sevegnani, L. & Schroeder, E. (org.) Biodiversidade catarinense: características, potencialidades, ameaças. Blumenau: Edifurb; 2013. 252 p.

Silva, J. G. & Esteves, V. K. Narrativas e memórias de uma área rural. Revista Territórios e Fronteiras. 2011; 4(1): 42-58. doi: <http://dx.doi.org/10.22228/rt-f.v4i1.98>

Terra, N. R. & Feiden, I. R. Reproduction and survival of *Daphnia magna* Stratus, 1820 (Crustacea, Cladocera) under different hardness conditions. Acta Limnológica Brasiliis. 2003; 15(2): 51-55.

Torres, J. L. R., Silva, S. R., Pedro, C. A. S., Passos, A. O. & Gomes, J. Q. Morfometria e qualidade da água da microbacia do Ribeirão da Vida em Uberaba – MG. Global Science and Technology. 2009; 2(1): 1-9. doi: 10.13140/2.1.4401.8244