

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ÉDERSON VECCHIETTI GONÇALVES

**QUALIDADE DE ÁGUAS DOS RIOS CATINGUEIRO, CRISTALINO E LIGEIRO,  
LOCALIZADOS EM CIANORTE, PARANÁ, BRASIL COM BASE EM  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E TOXICOLÓGICOS**

CAMPO MOURÃO

2020

ÉDERSON VECCHIETTI GONÇALVES

**QUALIDADE DE ÁGUAS DOS RIOS CATINGUEIRO, CRISTALINO E LIGEIRO,  
LOCALIZADOS EM CIANORTE, PARANÁ, BRASIL COM BASE EM  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E TOXICOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof. Dra. Ana Paula Peron

Co-orientadora: Prof. Dra. Flávia Vieira da Silva Medeiros

CAMPO MOURÃO

2020



---

**TERMO DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
INTITULADO**

**QUALIDADE DE ÁGUAS DOS RIOS CATINGUEIRO, CRISTALINO E LIGEIRO,  
LOCALIZADOS EM CIANORTE, PARANÁ, BRASIL COM BASE EM  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E TOXICOLÓGICOS**

**DO(A) DISCENTE**

\_\_\_\_\_  
Éderson Vecchietti Gonçalves

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 02 de dezembro de 2020 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. O(A) acadêmico foi arguido(a) pela Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a comissão considerou o trabalho aprovado.

\_\_\_\_\_  
Avaliador 1 – Paulo Agenor Alves Bueno

\_\_\_\_\_  
Avaliador 2 – Eudes José Arantes

\_\_\_\_\_  
Co-orientador(a) – Flávia Vieira da Silva Medeiros

\_\_\_\_\_  
Orientador(a) – Ana Paula Peron

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha família, pelo incentivo e encorajamento de sempre ir em busca dos meus sonhos.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná por ter aberto as portas para mim e tornado tudo isso possível.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Peron e a minha co-orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Flávia Vieira da Silva Medeiros, por todo conhecimento e auxílio. Ao Prof. Dr. Antônio Edmilson Canesin, por toda a ajuda nas análises laboratoriais.

Ao Yuri Souza Vicente pela imensa ajuda durante as análises em laboratório.

À Letícia Scala Frâncica, que além de estar comigo em todas as etapas deste trabalho, também foi minha companheira de casa, me ajudando desde as análises laboratoriais até a escrita da monografia.

Aos meus colegas de turma, Bianca Wallid Gonçalves Awada, Felipe Macedo Alves e Letícia Scala Frâncica, sem a ajuda deles não teria chegado até aqui.

Por fim, agradeço aos demais que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

GONÇALVES, É. V. **Qualidade de águas dos rios Catingueiro, Cristalino e Ligeiro, localizados em Cianorte, Paraná, Brasil com base em parâmetros físico-químicos e toxicológicos**. 2020. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão-PR, 2020.

Com a urbanização e a industrialização os ecossistemas, em geral, sofrem impactos ambientais oriundos de atividades humanas, onde os corpos hídricos são os ecossistemas mais atingidos por estes impactos. Dessa forma, a avaliação da qualidade deste recurso se faz necessária, e os ensaios ecotoxicológicos são uma alternativa para avaliar a qualidade deste meio, complementando as análises físico-químicas. Com base nessa abordagem, este estudo teve por objetivo avaliar, por meio de diferentes parâmetros toxicológicos e físico-químicos, a qualidade de águas de recursos hídricos do perímetro urbano da cidade de Cianorte, Paraná, Brasil, em dois momentos de 2020, onde se realizou uma coleta de água em fevereiro e outra em agosto. Os pontos avaliados foram escolhidos levando-se em consideração a localização do parque industrial de Cianorte, que conta com um grande setor têxtil, com seis lavanderias de *jeans*, sendo uma delas a maior da América Latina. Os parâmetros físico-químicos avaliados foram pH, condutividade, cloretos, fluoretos, nitrito, nitrato, sulfatos, sólidos totais dissolvidos, Fe, Al, Cu, Zn, Mn, Pb e Cr. Também se analisou as águas frente aos bioensaios de citotoxicidade e genotoxicidade em *Allium cepa* L. e de fitotoxicidade em *Lactuca sativa* L. Dos cinco pontos de água avaliados, P1 apresentou níveis de cobre, nas duas coletas, e de alumínio, na segunda coleta, acima do permitido por lei. Na coleta 2, as águas de P2 apresentaram concentração de alumínio acima do valor máximo permitido. A condutividade nos P1 e P2, em ambas as coletas, bem como em P3, na segunda coleta, encontravam-se em níveis significativo com base nos padrões de análises brasileiros. As águas de P1 e P4, referentes a primeira coleta, foram citotóxicas as células meristemáticas de raízes de *A. cepa*. Nas duas coletas realizadas, as águas de nenhum dos pontos foram genotóxicas as células vegetais. Quanto a fitotoxicidade, as amostras de água analisadas frente a germinação e crescimento radicular em *L. sativa* não foram fitotóxicas. Portanto, pode-se inferir que as águas de P1 e P2 por terem apresentado níveis altos de metais podem ser prejudiciais a sobrevivência de diferentes espécies.

Em relação aos potenciais toxicológicos, nas condições de análises estabelecidas, as águas demonstraram qualidade por não terem sido tóxicas a bioensaios utilizados.

**Palavras-chave:** ação antrópica; *Allium cepa* L.; *Lactuca sativa* L.; recursos hídricos.

## ABSTRACT

GONÇALVES, É. V. **Water quality of the Catingueiro, Cristalino and Ligeiro rivers, located in Cianorte, Paraná, Brazil based on physical-chemical and toxicological parameters.** 2020. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão-PR, 2020.

With urbanization and industrialization, ecosystems, in general, suffer environmental impacts from human activities, where water bodies are the ecosystems most affected by these impacts. Thus, the assessment of the quality of this resource is necessary, and ecotoxicological tests are an alternative to assess the quality of this medium, complementing the physical-chemical analyzes. Based on this approach, this study aimed to assess, through different toxicological and physical-chemical parameters, the water quality of water resources in the urban perimeter of the city of Cianorte, Paraná, Brazil, in two moments of 2020, where conducted a water collection in February and another in August. The evaluated points were chosen taking into account the location of the Cianorte industrial park, which has a large textile sector, with six jeans laundries, one of them being the largest in Latin America. The physicochemical parameters evaluated were pH, conductivity, chlorides, fluorides, nitrite, nitrate, sulfates, total dissolved solids, Fe, Al, Cu, Zn, Mn, Pb and Cr. The waters were also analyzed against the cytotoxicity and genotoxicity bioassays in *Allium cepa* L. and phytotoxicity in *Lactuca sativa* L. Of the five water points evaluated, P1 showed levels of copper in both collections and aluminum in the second collection. above what is permitted by law. In collection 2, the P2 waters showed aluminum concentration above the maximum allowed value. Conductivity in P1 and P2, in both collections, as well as in P3, in the second collection, were at significant levels based on Brazilian analysis standards. The waters of P1 and P4, referring to the first collection, were cytotoxic to the meristematic cells of *A. cepa* roots. In the two collections, the waters of none of the points were genotoxic to plant cells. As for phytotoxicity, the water samples analyzed for germination and root growth in *L. sativa* were not phytotoxic. Therefore, it can be inferred that the waters of P1 and P2, due to their high levels of metals, can be detrimental to the survival of different species. Regarding the toxicological potentials, under the established analysis conditions, the waters showed quality because they were not toxic to bioassays used.

**Keywords:** anthropic action; *Allium cepa* L.; *Lactuca sativa* L.; water resources.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases mitóticas de células de <i>Allium cepa</i> L. (A) Interfase normal; (B) Prófase normal; (C) Metáfase normal; (D) Anáfase normal; (E) Telófase normal .....	21
Figura 2 - Alterações celulares observadas em células meristemáticas de <i>Allium cepa</i> L. (A) Broto nuclear; (B) Prófase poliplóide; (C) Célula binucleada; (D) C-metáfase; (E) Metáfase com quebra cromossômica; (F-G) Aderências cromossômicas; (H) Metáfase com perda cromossômica; (N) Anáfase poliplóide; (O) Telófase com perda cromossômica; (P) Telófase com ponte; (Q) Telófase com atraso; (R) Núcleo lobulado; (S-T) Micronúcleo .....	21
Figura 3 – (A) Sementes de <i>Lactuca sativa</i> recém colocadas para germinação em incubadora; (B) Sementes de <i>Lactuca sativa</i> após uma semana de incubação .....	22
Figura 4 - Mapa de localização dos pontos de coleta das amostras analisadas, sendo Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5).....	24



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análises físico-químicas realizadas em fevereiro em amostras de água do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5) em Cianorte - PR, Brasil .....	29
Tabela 2 - Análises físico-químicas realizadas em agosto em nas amostras de água do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5) em Cianorte - PR, Brasil .....	30
Tabela 3 - Índices Mitóticos observados em tecidos meristemáticos de <i>Allium cepa</i> em teste realizado com tempo de exposição de 0, 24 e 48h em amostras de águas do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5) .....	33
Tabela 4 - Resultado do teste de germinação de trinta sementes de <i>Lactuca sativa</i> L. e desvio padrão para avaliação de fitotoxicidade nas amostras de água do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5).....	34
Tabela 5 - Resultado do teste de Comprimento de Radículas e Índice de Crescimento Relativo (ICR) em <i>Lactuca sativa</i> L. realizado em amostras de água do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5).....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>14</b>
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1 A ação antrópica e a poluição dos corpos hídricos</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2 A economia e a hidrologia de Cianorte, Paraná, Brasil.</b> .....	<b>16</b>
<b>4.3 Parâmetros físico-químicos para monitoramento de recursos hídricos naturais</b> .....	<b>16</b>
<b>4.4 Bioensaios para avaliação de citotoxicidade, genotoxicidade e fitotoxicidade</b> .....	<b>20</b>
4.4.1 Avaliação de citotoxicidade e genotoxicidade em células meristemáticas de raízes de <i>Allium cepa</i> L. ....	20
4.4.2 Bioensaio de fitotoxicidade em <i>Lactuca sativa</i> L. ....	22
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
<b>5.1 Parâmetros para análises físico-químicas</b> .....	<b>25</b>
<b>5.2 Análise da citotoxicidade e genotoxicidade das águas em meristemas de raízes de <i>Allium cepa</i> L.</b> .....	<b>26</b>
<b>5.3 Teste de fitotoxicidade em <i>Lactuca sativa</i> L.</b> .....	<b>27</b>
<b>5.4 Análises estatísticas</b> .....	<b>27</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>6.2 Resultados das análises da citotoxicidade e genotoxicidade das águas em meristemas de raízes de <i>Allium cepa</i> L.</b> .....	<b>32</b>
<b>6.3 Resultados dos Testes de fitotoxicidade em <i>Lactuca sativa</i> L.</b> .....	<b>33</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>41</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com a urbanização e industrialização os ecossistemas, em geral, sofrem impactos ambientais oriundos das atividades humanas, e os corpos hídricos são alguns dos ecossistemas que sofrem com a ação antrópica. Os efluentes industriais e de esgoto sanitário, as águas de galerias pluviais, e a lixiviação do solo agrícola presentes no entorno dos rios, podem causar alterações na qualidade da água, causando muitas vezes a inviabilização desse recurso a diferentes espécies (AZZOLINI; FABRO, 2013; SOUZA; ANDRADE, 2014).

A cidade de Cianorte, localizada no noroeste do Estado do Paraná, Brasil, possui um grande polo têxtil, onde estão inclusas seis grandes lavanderias industriais de jeans, sendo uma delas a maior lavanderia industrial da América Latina (CIANORTE, 2019). Essas indústrias se utilizam de métodos convencionais de tratamento de água para administração de seus efluentes, e os rejeitos gerados, após tratamento, são lançados em tubulações diretas ou liberados em galerias pluviais da cidade com posterior carreamento ao Rio Catingueiro e ao Rio Cristalino. No entorno desses recursos hídricos ainda há atividades agrícolas, como plantações de soja e milho.

Os bioensaios ecotoxicológicos, aliados a parâmetros físico-químicos, são comumente usados em avaliações de impactos ambientais, tanto em solo quanto em corpos hídricos, onde os organismos utilizados funcionam como biosensores que respondem a presença de contaminantes (BRAGA; LOPES, 2015). Dentre os testes internacionalmente aceitos na avaliação da qualidade ambiental está o bioensaio *Allium cepa* L. (cebola). Os meristemas de suas raízes são utilizados rotineiramente para determinar os efeitos tóxicos de compostos presentes em corpos hídricos e terrestres, inclusive em baixas concentrações (MATOS et al., 2017). Os biomarcadores empregados nesse ensaio são o índice mitótico (índice de divisão celular), para avaliação dos diferentes níveis de citotoxicidade, e a frequência de alterações cromossômicas e de fuso mitótico, para a avaliação de genotoxicidade (HERRERO et al., 2012; MATOS et al., 2017).

Outro teste vegetal internacionalmente empregado na avaliação de impacto ambiental em ambientes hídricos e terrestre é o de fitotoxicidade em sementes e raízes de *Lactuca sativa* L. (alface), onde é possível se avaliar a ação de compostos químicos na forma pura e em mistura (MORAES, 2015). O teste de fitotoxicidade em

alface permite a avaliação dos efeitos adversos sobre a germinação de suas sementes e no desenvolvimento de suas plântulas durante os primeiros dias de crescimento (MORAES, 2015).

Com base no que foi descrito torna-se relevante avaliar por meio de diferentes análises as águas do entorno de Cianorte uma vez que na literatura científica não foram encontrados registros sobre a qualidade desses recursos hídricos.

## 2 OBJETIVOS

Avaliar, por meio de diferentes parâmetros, a qualidade de águas de recursos hídricos do perímetro urbano da cidade de Cianorte, Paraná, Brasil, em diferentes semestres de 2020.

Para o cumprimento do objetivo geral estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar parâmetros físico-químicos de águas dos rios, em diferentes períodos do ano;
- Analisar, em diferentes períodos, o potencial citotóxico e genotóxico de águas de diferentes pontos dos rios, sobre células meristemáticas do sistema-teste de *Allium cepa* L.;
- Avaliar, em diferentes semestres, a fitotoxicidade das águas dos rios por meio do índice de germinação e comprimento radicular de em *Lactuca sativa* L..

### 3 JUSTIFICATIVA

Em razão das águas dos rios do entorno de Cianorte, Paraná, Brasil serem receptoras de efluentes tratados de lavanderias de *jeans*, da lixiviação de solo da área agrícola localizada próxima a cidade e do escoamento superficial e das galerias pluviais da cidade, justifica-se a avaliação da qualidade das águas desses recursos hídricos por meio de parâmetros físico-químicos e toxicológicos.

Os resultados obtidos por meio dessas análises geram subsídios para a implantação de planos de manejo, caso necessário, nesses locais com o intuito de preservar o bem estar de diferentes espécies aquáticas e terrestres.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 A ação antrópica e a poluição dos corpos hídricos

Com o intenso uso dos recursos naturais e o avanço da industrialização, uma variedade de poluentes é despejada em recursos hídricos naturais diariamente (SILVA; ALMEIDA; PERON, 2020). Esse despejo é oriundo de efluentes domésticos, industriais e do escoamento superficial de galerias pluviais das cidades, bem como das atividades agrícolas presentes no entorno dos rios (MARÇAL; SILVA, 2017). Os resíduos despejados em recursos hídricos podem ser classificados em pontuais, quando apresentam apenas um local de lançamento, e difusos, ocorrendo ao longo de um trajeto sem pontos específicos (SILVA; PORTO, 2015).

Indústrias em geral utilizam elevada quantidade de água, e por conseguinte geram elevado volume de efluentes. Os tratamentos de efluentes via técnicas convencionais atendem aos parâmetros de lançamento exigidos pelos órgãos fiscalizadores municipais, estaduais e federais em razão de que foram estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Resolução 430/2011 (BRASIL, 2011). No entanto, essa diretriz considera apenas parâmetros físico-químicos, e não leva em consideração o potencial toxicológico de poluentes/contaminantes em rios como critérios de avaliação da qualidade de águas de mananciais, permanecendo esse fator subexplorado na avaliação de risco ambiental (MOREIRA, 2016).

Outra fonte comum de poluentes em recursos hídricos são os insumos utilizados na agricultura, onde agrotóxicos são aplicados frequentemente nas lavouras para promover maior produção das culturas (GILSON et al., 2020). Via de regra tais substâncias são levadas a recursos hídricos naturais pela lixiviação do solo e pelo vento (PRESTES, 2011; GILSON et al., 2020). Sendo o Brasil um grande produtor de grãos e, portanto, um dos maiores usuários de agrotóxicos no mundo, a contaminação de rios por esses pesticidas é observada em todas as regiões do país (PIGNATI et al., 2017).

Uma forma de amenizar parte da contaminação causada pela agricultura em fluxos d'água, é a preservação da mata ciliar, que serve como uma barreira, reduzindo os níveis de erosão e sedimentação, além de reter parte dos agrotóxicos carregados pelas águas da chuva e pelo ar (SANTOS et al., 2008).

## **4.2 A economia e a hidrologia de Cianorte, Paraná, Brasil.**

A cidade de Cianorte, que possuía forte cultura cafeeira, após o processo de urbanização no final da década de 70, cedeu espaço ao setor industrial, em específico para as indústrias têxteis, tornando-se conhecida no Estado do Paraná como a “Capital do Vestuário”. Hoje em dia, a indústria têxtil é a base econômica de grande parte do município, pois contém seis lavanderias de jeans, sendo uma delas a maior da América Latina, e a cada cinco cidadãos, dois trabalham no ramo de vestuário (ZUIN et al., 2009; CIANORTE, 2019).

No ramo de indústrias têxteis, as lavanderias de jeans geram grandes volumes de efluentes, que por sua vez são despejados em corpos hídricos no entorno da cidade por tubulações diretas, ou por meio de galerias pluviais da cidade (PIZATO et al., 2017). Porém, antes do despejo, o efluente passa por tratamento, sendo os processos de degradação biológica os mais comumente utilizados, dentre esses processos estão as lagoas aeróbias e anaeróbias, que apesar de atender as exigências legais de tratamento, não são eficientes na degradação total dos corantes têxteis, (GUARATINI; ZANONI, 2000; SILVA, 2013). Alguns tipos de corantes utilizados pelas lavanderias são os corantes à cuba, azóicos, ácidos, dispersivos e pré-metalizados (GUARATINI; ZANONI, 2000).

O município de Cianorte, além de fazer parte da grande bacia do Rio Ivaí, abrange quatro sub-bacias, sendo elas o Rio Ligeiro, o Rio dos Índios, o Ribeirão Carandé e o Ribeirão São Tomé, onde as duas primeiras são os dos principais rios que correm próximos à região urbana da cidade (CIANORTE, 2019).

Um dos principais rios que estão no entorno do município é o Rio Ligeiro (CIANORTE, 2019), este que tem como dois de seus afluentes os rios Catingueiro e Cristalino. Os rios mencionados não são utilizados para o abastecimento público de Cianorte e região, condição talvez que faça com que as informações sobre a qualidade de suas águas não sejam avaliadas.

## **4.3 Parâmetros físico-químicos para monitoramento de recursos hídricos naturais**

Para maior compreensão da qualidade de um corpo hídrico, é necessária a realização de análises físico-químicas de suas águas, buscando diagnosticar



mudanças que foram causadas pela ação antrópica (QUEIROZ et al., 2010). Os corpos hídricos recebem constantemente elevadas cargas de poluição o que promove variações nas suas características físicas, químicas e biológicas (MENDES, 2019).

Como a qualidade de um recurso hídrico se dá pela identificação e quantificação de compostos em suas águas, análises físico-químicas são utilizadas na tentativa de identificar e monitorar estas substâncias (GALDINO; TROMBINI, 2011). Por meio delas é possível obter informações quanto as propriedades de um corpo d'água, levando em consideração as normas estabelecidas pela legislação brasileira, como a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005; GALDINO; TROMBINI, 2011; FRANZ, 2015).

Em meio hídrico as características físicas são representadas pela temperatura e a fração de sólidos presentes na água (dissolvidos, suspensos ou coloidais), fatores estes que determinam sua cor e turbidez (VON SPERLING, 2014). Enquanto que as características químicas representam a porção de matéria orgânica e inorgânica encontrada nas águas, como o pH e a concentração de macro e micro poluentes, entre eles o nitrogênio, fósforo e metais pesados (VON SPERLING, 2014; MENDES, 2019).

O quadro 1 mostra alguns dos parâmetros físicos e químicos que comumente são analisados quando se busca verificar a qualidade de um corpo hídrico, além de apresentar suas origens antropogênicas e naturais, bem como suas importâncias.

**Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos de análise de qualidade de água (continua).**

<b>Parâmetros</b>	<b>Conceito</b>	<b>Origem antropogênica</b>	<b>Origem natural</b>	<b>Importância</b>
<b>Cor</b>	Responsável pela coloração da água	Resíduos industriais e esgotos domésticos	Ferro, manganês e decomposição da matéria orgânica	Caso seja originária de atividades industriais, pode ou não apresentar toxicidade, porém, se sua causa for natural, não apresenta risco direto à saúde, mas pode levar à rejeição dos consumidores.
<b>Turbidez</b>	Representa a interferência para com a passagem de luz no meio, dando um aspecto turvo	Despejos domésticos e industriais, microrganismos e erosão	Partículas de rocha, argila e silte, além de algas e outros microrganismos	Pode servir de “abrigo” para microrganismos patogênicos, além de prejudicar a fotossíntese.
<b>Temperatura</b>	Intensidade de calor	Despejos industriais	Transferência de calor por radiação, condução e convecção	Elevada temperatura diminui a solubilidade de gases, como o O <sub>2</sub> , além de poder exalar odores.
<b>pH</b>	Potencial hidrogênico. Concentração de íons hidrogênio H <sup>+</sup> , dando indicação de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água	Despejos domésticos e industriais, que podem levar matéria orgânica ou ácidos utilizados em lavagens	Dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese	Afeta diretamente várias etapas do tratamento de água, se muito ácido ou básico, pode afetar negativamente a vida aquática assim como as tubulações de adução.
<b>Nitrogênio</b>	O nitrogênio se apresenta em cinco formas no meio aquático, sendo elas: Nitrogênio molecular (N <sub>2</sub> ), nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato.	Despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e agrotóxicos	Constituinte de proteínas, clorofila e vários compostos biológicos	Pode causar eutrofização de água parada, além de ser tóxico aos peixes em sua forma de amônia. Poluições recentes aparecem em forma de nitrogênio orgânico ou amônia, enquanto poluições mais distantes aparecem em forma de nitrato

**Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos de análise de qualidade de água (conclusão).**

<b>Oxigênio dissolvido</b>	O oxigênio dissolvido é essencial para a vida aquática, pois tanto animais maiores, como peixes, quanto microrganismos utilizam deste elemento para suas atividades.	Introdução de aeração artificial	Dissolução do oxigênio atmosférico e produção por organismos fotossintéticos	É vital para organismos aeróbios aquáticos, e é o principal parâmetro para caracterizar os efeitos oriundos da poluição por despejos orgânicos
<b>Fósforo</b>	O fósforo também se apresenta em diversas maneiras no meio aquático, sendo mais comum em forma de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico.	Despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos animais e agrotóxicos	Dissolução de compostos do solo e decomposição de matéria orgânica	Apesar de não apresentar problemas sanitários às águas, o fósforo em grande quantidade pode levar a eutrofização de corpos hídricos
<b>Ferro e Manganês</b>	Quando em fundos de corpos d'água e águas subterrâneas, estes elementos aparecem em sua forma solúvel ( $Fe^{2+}$ e $Mn^{2+}$ ), mas quando essas águas entram em contato com ar atmosférico, esses minerais se oxidam em suas formas insolúveis ( $Fe^{3+}$ e $Mn^{4+}$ )	Despejos industriais	Dissolução de rochas e solo	Em pequenas concentrações causam cor na água, e em grandes concentrações podem gerar sabor e odor.

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2014).

Entretanto, muitas vezes as análises físico-químicas por si só não são suficientes para determinar a qualidade de um corpo hídrico (MENDES, 2019). Assim testes de avaliação de citotoxicidade, genotoxicidade e fitotoxicidade de águas naturais, águas residuárias e de efluentes tratados são importantes por complementarem as avaliações físico-químicas. Dentre os testes comumente usados para avaliação de toxicidade sistêmica e em nível celular estão os bioensaios com *Allium cepa* L. e *Lactuca sativa* L. (LEME; MARIN-MORALES, 2009; BRAGA; LOPES, 2015).

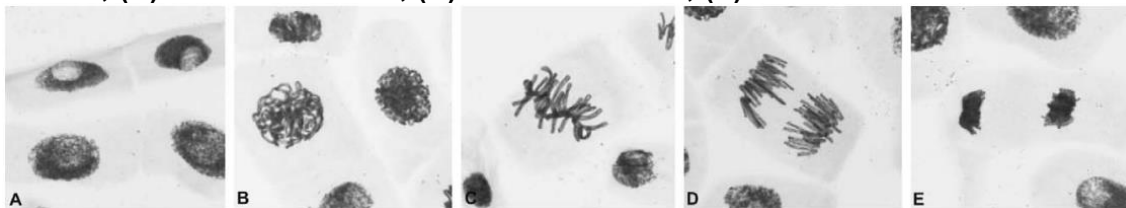
#### **4.4 Bioensaios para avaliação de citotoxicidade, genotoxicidade e fitotoxicidade**

##### **4.4.1 Avaliação de citotoxicidade e genotoxicidade em células meristemáticas de raízes de *Allium cepa* L.**

As células meristemáticas de raízes de *A. cepa* são utilizadas mundialmente para avaliação da divisão celular ou de índice mitótico – onde se leva em consideração o número de células em divisão (células em prófase, metáfase, anáfase e telófase) (Figura 1), bem como número de alterações de fuso mitótico e quebras/perdas cromossômicas (como broto nuclear; prófase poliplóide; célula binucleada e C-metáfase, micronúcleos, entre outras alterações) (Figura 2), induzidos por águas de diferentes origens, de composto e substâncias químicas (MALAMAN, 2019; SACRAMENTO et al., 2020; CARMO; LEAL; RIBEIRO, 2020).

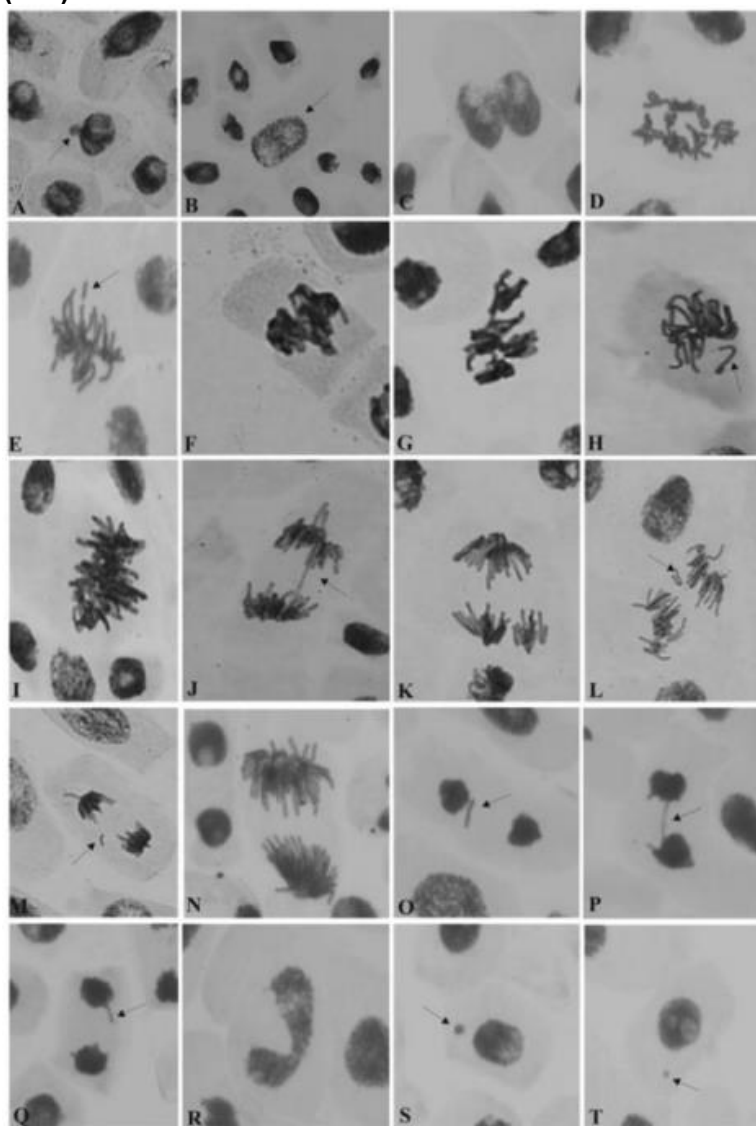
Por meio do índice mitótico pode-se determinar a citotoxicidade e por meio do número de alterações celulares determina-se a genotoxicidade daquilo que está se analisando (LEME; MARIN-MORALES, 2009; MENDES, 2019). Ainda, o bioensaio *A. cepa* possui relevante sensibilidade, é de fácil manuseio, de fácil aquisição, conta com uma grande quantidade de células, pequeno número de cromossomos e cromossomos grandes, condições que facilitam significativamente a análise (FISKESJÖ, 1985; ÖZKARA et al., 2015; KLAUCK et al., 2017).

Figura 1 - Fases mitóticas de células de *Allium cepa* L. (A) Interfase normal; (B) Prófase normal; (C) Metáfase normal; (D) Anáfase normal; (E) Telófase normal



Fonte: LEME e MARIN-MORALES (2009).

Figura 2 - Alterações celulares observadas em células meristemáticas de *Allium cepa* L. (A) Broto nuclear; (B) Prófase poliplóide; (C) Célula binucleada; (D) C-metáfase; (E) Metáfase com quebra cromossômica; (F-G) Aderências cromossômicas; (H) Metáfase com perda cromossômica; (N) Anáfase poliplóide; (O) Telófase com perda cromossômica; (P) Telófase com ponte; (Q) Telófase com atraso; (R) Núcleo lobulado; (S-T) Micronúcleo



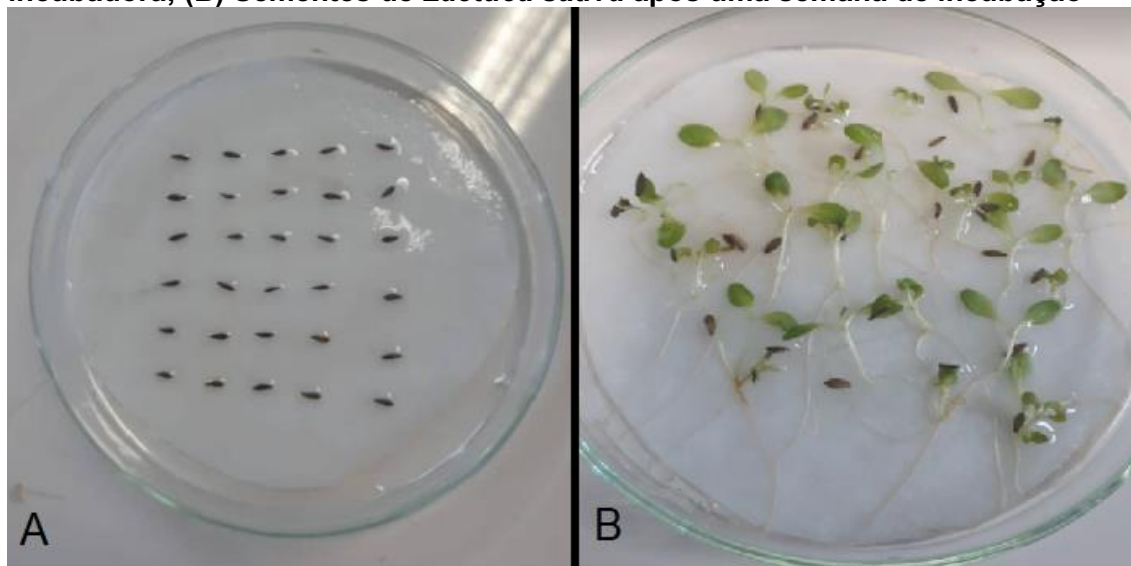
Fonte: BIANCHI et al. (2016).

#### 4.4.2 Bioensaio de fitotoxicidade em *Lactuca sativa* L.

O bioensaio com sementes e raízes de *Lactuca sativa* são muito utilizados como alternativas para análises de fitotoxicidade, devido a sua resposta rápida, baixo custo, fácil manuseio e facilidade de aplicação além de possuir vários parâmetros que podem ser analisados, como comprimento da raiz e germinação de sementes (MORAES, 2015; LELES, 2017; ISSA, 2019; SCANDELA et al., 2019). O teste pode ser realizado em poucos dias apresentar resultados significativo mesmo avaliando-se baixas concentrações de poluentes (CUNHA, 2011; DIAS et. al, 2017; MARCHIORETTO; MAGRO, 2018).

A análise de fitotoxicidade em *L. sativa* consiste em analisar a germinação e raízes de suas sementes, que ficam expostas à amostra durante um período de 24 em incubação em estufa BOD, além do número de sementes germinadas, é possível avaliar o comprimento das raízes neste período (Figura 3), pois este está diretamente ligado a divisão celular do tecido meristemático da raiz (CUNHA, 2011; MORAES, 2015).

**Figura 3 – (A) Sementes de *Lactuca sativa* recém colocadas para germinação em incubadora; (B) Sementes de *Lactuca sativa* após uma semana de incubação**



Fonte: Autoria própria (2020).

## 5 METODOLOGIA

As coletas de água foram feitas no município de Cianorte, localizado no noroeste do Estado do Paraná, com um território de 811,781 Km<sup>2</sup>. Os municípios vizinhos a essa cidade são Tapejara, Tuneiras do Oeste, Araruna, Jussara, São Tomé, Indianópolis e Terra Boa. O clima do município de Cianorte é classificado, segundo a classificação de Köppen, como tipo Cfa, subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca definida e com concentração de chuvas no verão. Apresenta verões quentes e geadas pouco frequentes (NITSCHE et al., 2019).

As amostras de água foram coletadas nos rios Catingueiro, Cristalino e Ligeiro, sendo que os dois primeiros passam pela zona urbana, são estes dois corpos hídricos que recebem grande parte dos efluentes das indústrias locais, principalmente do setor têxtil. Também recebem cargas poluidoras das atividades agrícolas do entorno da cidade, onde foram observadas monoculturas de soja e milho, e, por fim, desaguam no Rio Ligeiro.

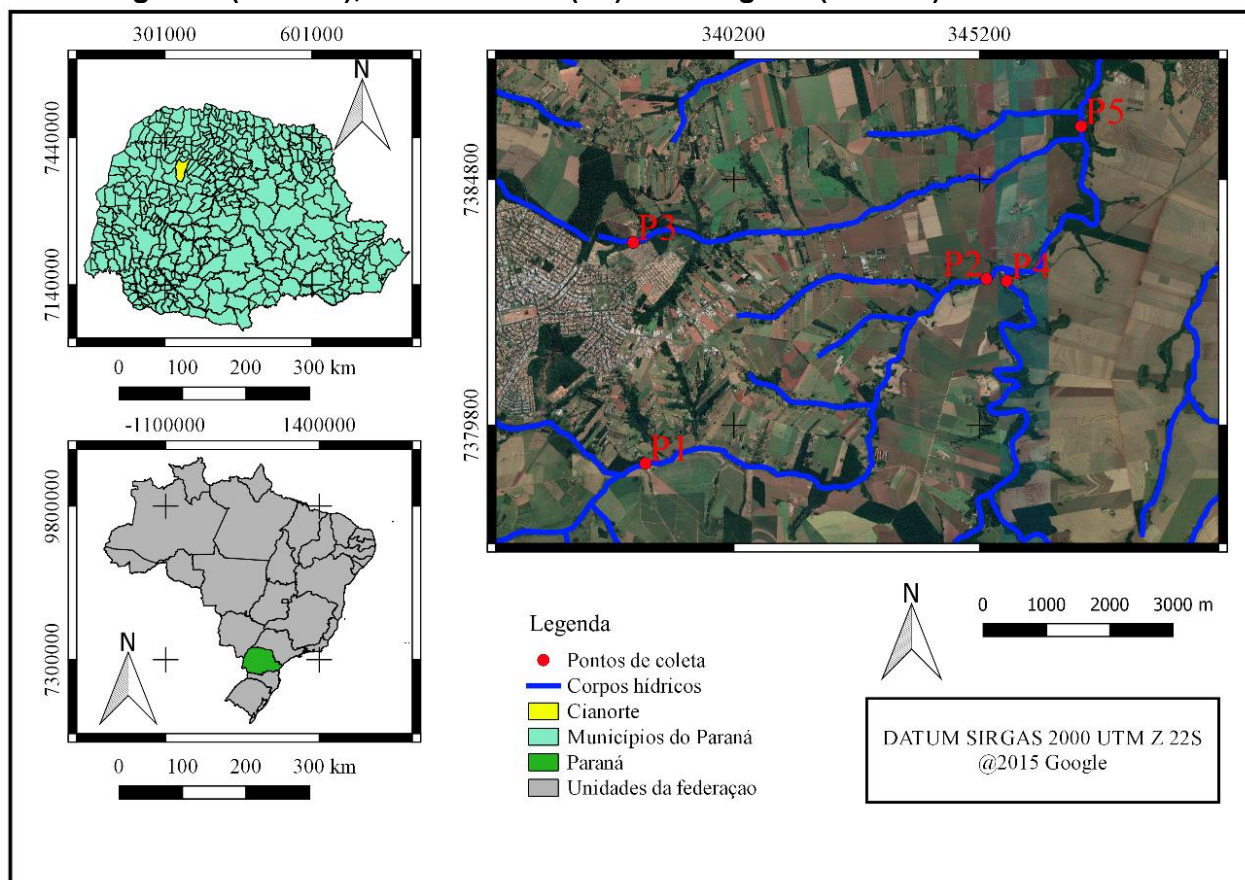
A primeira coleta de água foi realizada em fevereiro e a segunda em agosto de 2020. Foram coletadas duas amostras de dois litros para cada ponto de coleta. Para a coleta, foram utilizadas garrafas de polietileno tereftalato (PET), devidamente lavadas com água comum, álcool e água destilada, sendo utilizada duas garrafas de 2L para cada ponto.

No rio, buscou-se o local mais distante da margem, com o auxílio de uma calçabota impermeável, e antes de cada coleta, os recipientes de cada ponto foram lavados novamente com a água do próprio corpo hídrico. Durante a coleta, as amostras ficaram armazenadas em caixa térmica com gelo. Parte das amostras de água foram congeladas e enviadas para a Universidade Federal Tecnológica do Paraná – campus Apucarana, para a realização das análises químicas. As análises foram analisadas em, no máximo, cinco dias após a coleta.

As análises em *A. cepa* e *L. sativa* foram iniciadas no mesmo dia das coletas no Laboratório de Ecologia Molecular, da Universidade Federal Tecnológica do Paraná – campus Campo Mourão.

Os pontos de coletas foram selecionados para melhor analisar os impactos dos despejos industriais, urbanos, além dos poluentes que são carregados pelas águas das chuvas, como mostra a Figura 4. Os pontos P1 e P3 são próximos das zonas industriais da cidade, onde encontram-se grande parte das lavanderias de jeans.

**Figura 4 - Mapa de localização dos pontos de coleta das amostras analisadas, sendo Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5)**



Fonte: Autoria própria (2020).

No Quadro 2 encontram-se as caracterizações de cada ponto de coleta das amostras, juntamente com suas coordenadas.

**Quadro 2 - Caracterização dos pontos de coleta**

Ponto	Manancial	Coordenada (UTM)	Caracterização
P1	Rio Catingueiro	N. 338400 E. 7379022	Área urbana, próxima a chácaras, captação e carregamento de areia. A mata ciliar no local foi bastante alterada em ambas as margens do rio (Apêndice A).
P2	Rio Catingueiro	N. 345338 E. 7382780	No local há uma estrada de chão que cruza o corpo hídrico. Com exceção desta parte, a mata ciliar parece preservada em ambas as margens à montante e jusante do ponto. Há a presença de monocultura próximas as margens (Apêndice A).
P3	Rio Cristalino	N. 338152 E. 7383519	Área urbana com cercamento, porém há locais onde a cerca foi cortada. Há uma tubulação de despejo de galeria pluvial. A mata ciliar se encontra bem preservada (Apêndice A).



**Quadro 2 - Caracterização dos pontos de coleta (continuação)**

Ponto	Manancial	Coordenada (UTM)	Caracterização
P4	Rio Ligeiro	N. 345729 E. 7382713	Área rural com excessiva monocultura no entorno, mata ciliar bem preservada, dificultando o acesso ao corpo hídrico. Nível do corpo hídrico alto, com correnteza forte. Fica a montante das confluências com Rio Catingueiro e Rio Cristalino (Apêndice A).
P5	Rio Ligeiro	N. 347267 E. 7385883	Conta com forte monocultura no entorno, a mata ciliar aparente ser bem preservada. Assim como no P4, o nível do rio é bem elevado e a correnteza é forte. Este ponto fica a jusante das confluências com o Rio Catingueiro e Rio Cristalino (Apêndice A).

Fonte: Autoria própria (2020).

### 5.1 Parâmetros para análises físico-químicas

No quadro 1 constam os parâmetros que foram analisados nas amostras de água, assim como a metodologia aplicada para a coleta dos dados, assim como os protocolos utilizados. Os parâmetros físico-químicos analisados foram comparados com os padrões para corpos hídricos de classe II, sendo RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.

**Quadro 3 - Parâmetros, métodos de análise e referência para as análises físico-químicas das amostras coletadas**

Parâmetros	Métodos de análise	Referência
pH	pHmetro	-
Condutividade	Condutivímetro	-
Sólidos dissolvidos totais	Cone de Imhoff	-
Nitrito	Espectrofotometria	Eaton et al., 2012
Nitrato	Espectrofotometria	Schiff e Horwitz, 1980
Cloretos	Titulação volumétrica	Schiff e Horwitz, 1980
Fluoretos	Fluorímetro	-
Sulfato	Espectrofotometria	Roy, Das e Bhattacharya, 2011
Metais (Fe, Mn, Zn, Al, Cr, Pb e Cu)	Espectrometria de Absorção Atômica	-

Fonte: Autoria própria (2020).

## 5.2 Análise da citotoxicidade e genotoxicidade das águas em meristemas de raízes de *Allium cepa* L.

Para a avaliação da citotoxicidade e genotoxicidade das águas de coleta, foi utilizado a metodologia de FISKESJÖ (1985), que consiste em colocar bulbos de cebolas em frascos com água destilada, até a obtenção de raízes de, pelo menos, 1,5 cm de comprimento.

Para análise da água de todo ponto foi estabelecido um grupo experimental com cinco bulbos de cebola. Antes de colocar as raízes em contato com os seus respectivos tratamentos, algumas raízes foram coletadas e fixadas para servirem de controle do próprio bulbo, o que foi identificado como tempo de análise 0 hora ou controle do próprio bulbo (Co – 0h). Em seguida, as raízes restantes foram postas em seus respectivos tratamentos por 24 e 48 horas, onde se realizará coleta de raízes a cada 24 horas. Foi preparado um controle positivo com metil metanossulfonato (MMS), substância sabidamente citotóxica e genotóxica ao sistema teste *A. cepa* na concentração  $4 \times 10^{-4}$  mol/L. Todas as raízes coletadas durante o experimento foram fixadas em solução Carnoy 3:1 (etanol: ácido acético) por até 24 horas.

As lâminas foram confeccionadas segundo o protocolo proposto por Guerra e Souza (2002), e analisadas em microscópio óptico em objetiva de aumento de 40x. Para todo bulbo analisou-se 1.000 células meristemáticas, totalizando 3.000 células para cada grupo controle (0 h), cada grupo tempo de exposição 24 h e cada grupo tempo de exposição 48 h, somando-se 9.000 células analisadas para cada ponto de água analisado.

Na análise das células meristemáticas foram contabilizadas células em interfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase, para a determinação do índice mitótico e caracterização do potencial citotóxico. O índice mitótico ou o índice de divisão celular foi calculado da seguinte forma: (Número total de células em divisão/Número total de células analisadas) x 100. Foi avaliado o potencial genotóxico por meio da frequência alterações celulares, como micronúcleos, metáfases colchícinicas, pontes anáfasicas e telofásicas, ampliações gênicas, células com aderências, brotos nucleares e anáfases multipolares em células meristemáticas, e o potencial mutagênico, por meio da frequência de micronúcleos das regiões F1 das raízes (HERRERO et al., 2012).

### 5.3 Teste de fitotoxicidade em *Lactuca sativa* L.

As sementes de *L. sativa*, da marca Isla®, foram adquiridas em uma casa agropecuária, e se encontravam sem o acréscimo de qualquer tipo de pesticida. Conforme consta em sua embalagem, a taxa de germinação do lote foi de 98%. Os testes foram realizados em placas de Petri, que foram previamente forradas com papel filtro Whatman® n° 3, que servem como suporte para as sementes.

Foram utilizadas 30 sementes por placa, realizando triplicata para cada amostra, incluindo o controle. Foram adicionados 3 ml das amostras em suas respectivas placas, e 3 ml de água destilada no controle negativo. Após colocar as águas em suas respectivas placas, as mesmas foram tampadas e dispostas em uma câmara de germinação tipo BOD, com fotoperíodo de 12 horas. A contabilização do número de sementes germinadas foi realizada após os períodos de 24h de incubação. Para a análise do comprimento das radículas, foi realizada uma medição com o auxílio de um paquímetro, após um período total de 7 dias de permanência da placa de Petri na câmara.

A partir dos dados de germinação e comprimento de radícula foram calculados o Índice de Crescimento Relativo (ICR). O ICR foi calculado por meio do comprimento da radícula(s) na amostra dividido pelo comprimento da radícula no controle negativo (HOEKSTRA; BOSKER; LANTINGA, 2002). Os valores de ICR foram diferenciados em três categorias de acordo com a toxicidade observada: inibição do crescimento de raiz (I):  $0 < x < 0,8$ ; sem efeito significativo (SES):  $0,8 \leq x \leq 1,2$  e estimulação do crescimento de raiz (E):  $x \geq 1,2$  (BIRUK et al., 2017).

### 5.4 Análises estatísticas

Após a obtenção dos resultados dos bioensaios para avaliação de citogenotoxicidade, teste *Allium cepa*, e fitotoxicidade, teste de germinação em *Lactuca sativa*, foi realizada uma análise estatística no software R. Utilizou-se do teste não paramétrico de Kruskal–Wallis com teste de Dunn a posteriori, considerando o nível de significância de 5%.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Resultados das análises físico-químicas

Na Tabela 1, encontram-se os resultados obtidos das análises físico-químicas realizadas nas coletas feitas em fevereiro de 2020, enquanto que na Tabela 2 estão os resultados da coleta realizada em agosto de 2020.

O P2 apresentou o maior valor de pH em ambos períodos analisados, com valores de 7,48 e 7,16, em fevereiro e agosto respectivamente, enquanto que os pontos P5 e P1 valores de 6,85 e 6,69, sendo os menores valores em fevereiro e agosto respectivamente. Portanto, todos os pontos estavam próximos a normalidade (pH 7) e encontram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação.

A condutividade não é um parâmetro que a CONAMA 357/05 abrange, entretanto, pode indicar danos ambientais, onde valores acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam que o ambiente sofreu impacto (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014). Os pontos P1 e P2 registraram valores de 145,4 e 116,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente, na coleta realizada em fevereiro, enquanto que os pontos P1, P2 e P3 mostraram valores de 188,3, 186,1 e 113,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente, em agosto. Estes valores podem indicar que o ambiente sofreu impacto ambiental. Segundo Mello, Freitas e Oliveira (2020) a condutividade pode indicar que houve revolvimento de solo no fundo dos rios, como é visto no P1, onde há dragagem de areia.

Os valores para fluoretos se mostraram dentro dos padrões adequados para rios de classe 2, sendo que em fevereiro e agosto, o P2 foi o que indicou maior concentração, com 0,18 e 0,54 mg/L respectivamente, onde o valor máximo permitido é de até 1,4 mg/L. As amostras coletadas em agosto não apresentaram cloretos em sua composição em nenhum dos pontos, entretanto, em fevereiro, os pontos P1, P2 e P3 indicaram estas substâncias, onde o P3 teve maior concentração, 18,8 mg/L, sendo o VMP de até 250 mg/L. Valores de nitrito só foram presentes em fevereiro, em específico no P1, com uma concentração de 0,02 mg/L, sendo o máximo permitido pela CONAMA 357/05, de 1 mg/L.

**Tabela 1 - Análises físico-químicas realizadas em fevereiro em amostras de água do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5) em Cianorte - PR, Brasil**

<b>Parâmetro</b>	<b>CONAMA 357/2005</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
<b>pH</b>	De 6 a 9	7,28	7,48	7,15	7,18	6,85
<b>Condutividade (<math>\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}</math>)</b>	-	145,4	116,4	81,77	33,76	39,54
<b>Fluoretos (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 1,4	0,14	0,18	0,05	nd	nd
<b>Cloretos (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 250	16,4	18,8	9,5	< 8	< 8
<b>Nitrito (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 1	0,02	nd	nd	nd	nd
<b>Nitrato (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 10	8,58	8,32	4,29	2,43	3,18
<b>Sulfato (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 250	38,5	24,2	14,1	13,2	9,7
<b>Sólidos dissolvidos totais (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 500	125	118	96,2	47,3	38,2
<b>Ferro (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,3	0,131	0,101	0,071	0,081	0,095
<b>Alumínio (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,1	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Cobre (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,009	0,101	nd	nd	nd	nd
<b>Zinco (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,18	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Manganês (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,1	0,084	nd	nd	0,031	nd
<b>Chumbo (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP 0,01	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Cromo (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,05	nd	nd	nd	nd	nd

VMP – Valor Máximo Permitido.

Fonte: Autoria própria (2020).

**Tabela 2 - Análises físico-químicas realizadas em agosto em nas amostras de água do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5) em Cianorte - PR, Brasil**

<b>Parâmetro</b>	<b>CONAMA 357/2005</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
<b>pH</b>	De 6 a 9	6,69	7,16	6,95	7,09	7,07
<b>Condutividade (<math>\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}</math>)</b>	-	188,3	186,1	113,7	35,95	58,62
<b>Fluoretos (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 1,4	0,38	0,54	0,23	nd	nd
<b>Cloretos (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 250	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Nitrito (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 1	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Nitrato (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 10	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Sulfato (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 250	42,8	30,4	12,2	10,6	6,5
<b>Sólidos dissolvidos totais (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 500	196	124	108	78,4	56,5
<b>Ferro (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,3	0,078	0,028	nd	nd	nd
<b>Alumínio (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,1	4,35	5,65	nd	nd	nd
<b>Cobre (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,009	0,085	nd	nd	nd	nd
<b>Zinco (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,18	nd	nd	nd	0,033	nd
<b>Manganês (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,1	nd	nd	0,0104	nd	nd
<b>Chumbo (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP 0,01	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Cromo (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	VMP de 0,05	nd	nd	nd	nd	nd

VMP – Valor Máximo Permitido.

Fonte: Autoria própria (2020).

Não foi observado valores de nitrato nas amostras coletadas em agosto, porém em fevereiro este parâmetro chegou próximo do VMP de 10 mg/L, onde os pontos P1 e P2 apresentaram, respectivamente, 8,58 e 8,32 mg/L. Sulfatos foram presentes em todos os pontos, nas duas coletas, mas suas concentrações estão dentro dos padrões de 250 mg/L, onde os maiores valores, em fevereiro e agosto, foram registrados no P1, sendo respectivamente 38,5 e 42,8 mg/L.

Os resultados de sólidos dissolvidos obtidos nas análises não ultrapassaram o padrão permitido, que é de 500 mg/L, sendo que o P1 apresentou as maiores concentrações deste parâmetro em ambas as coletas, com 125 e 196 mg/L, em fevereiro e agosto, respectivamente. O ferro foi presente em todos os pontos em fevereiro, porém somente nos pontos P1 e P2 em agosto, entretanto, em nenhuma das amostras foi encontrada concentração de ferro acima do VMP, que é de 0,3 mg/L. O P1, em fevereiro, teve a maior concentração deste elemento entre as amostras analisadas, registrando 0,131 mg/L de ferro.

Não foi detectado alumínio em nenhuma das amostras coletadas em fevereiro, contudo, em agosto, os pontos P1 e P2 apresentaram elevados valores deste parâmetro, apontando valores de 4,35 e 5,65 mg/L respectivamente. Este valor está em desacordo com a CONAMA 357/05, que limita a até 0,1 mg/L de alumínio em corpos hídricos de classe 2. Elevados valores de alumínio podem estar relacionado a despejo industrial que utiliza de coagulação/floculação para tratar seus efluentes, pois estas técnicas utilizar de reagentes como sulfato de alumínio (GOIS et al., 2016).

O cobre só foi presente no P1 e, em ambas as coletas, estava em desacordo com a CONAMA 357/05, onde o VMP é de 0,009 mg/L deste elemento, porém, o P1 apresentou 0,101 e 0,085 mg/L de cobre, em fevereiro e agosto respectivamente. O cobre pode estar relacionado com a dissolução de solo e rocha e pode causar doenças crônicas de saúde, como o Mal de Wilson, assim como problemas mais leves, como náuseas e vômitos (QUINÁGLIA, 2001; SANTOS et al., 2018). Enquanto isso, o zinco só foi presente no P4 em agosto, com uma concentração de 0,033 mg/L, sendo que o VMP para zinco é de 0,18 mg/L.

Foi observado a presença de manganês apenas nos pontos P1 e P4, em fevereiro, e no P3, em agosto, onde que em fevereiro a maior concentração foi de 0,084 mg/L, no P1, e em agosto a concentração encontrada no P3 foi de 0,0104 mg/L, estes valores estão abaixo do VMP de 0,1 mg/L. Em nenhuma das amostras coletadas em ambos períodos foi observado quaisquer valor de chumbo ou cromo.

## 6.2 Resultados das análises da citotoxicidade e genotoxicidade das águas em meristemas de raízes de *Allium cepa* L.

Na Tabela 3 encontram-se os Índice Mitótico das análises dos tecidos meristemáticos de *Allium cepa* em contato com as amostras coletadas no Rio Catingueiro, Rio Cristalino e Rio Ligeiro. Onde pode-se observar que nos pontos P1 e P4, em 24 e 48 horas de exposição nas amostras coletadas em fevereiro, houve diminuição do índice de divisão celular, se comparados com seu controle negativo (0h).

O P1 encontra-se próximo a zona urbana da cidade, com influência direta de uma draga de areia, além de ter a mata ciliar seriamente comprometida, além disso, foi o ponto que apresentou maiores valores de condutividade, nitrito, nitrato, sulfato e ferro. Entretanto, o P4, que apresenta uma mata ciliar bem preservada, com monocultura em suas duas margens, não mostrou altos valores em nenhum dos parâmetros químicos analisados.

Como a citotoxicidade é a capacidade de dada substância alterar o tecido quanto ao processo de divisão celular (MENDES, 2019), os pontos P1 e P4 apresentaram substâncias citotóxicas. Este resultado pode estar relacionado a presença de manganês na água, pois estes dois pontos foram os únicos que apresentaram esta substância em suas composições. Realizando testes de citotoxicidade, Bakare et al. (2012) observou que conforme a concentração de manganês em efluentes eletrônicos aumentava, a divisão celular do tecido meristemático de *A. cepa* diminuía. Doroftei et al. (2010) observou o mesmo, havendo diminuição do Índice Mitótico em testes *Allium cepa* conforme utilizadas amostras com maiores concentrações de manganês. O mesmo autor observou também que a divisão celular era gradativamente afetada conforme o bulbo de *A. cepa* passava mais tempo em exposição ao contaminante.



**Tabela 3 - Índices Mitóticos observados em tecidos meristemáticos de *Allium cepa* em teste realizado com tempo de exposição de 0, 24 e 48h em amostras de águas do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5)**

	Índice Mitótico					
	1° Coleta - Fevereiro			2° Coleta - Agosto		
	0h	24h	48h	0h	24h	48h
P1	22,2 <sup>a</sup>	8,0 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>	16,6 <sup>a</sup>	14,9 <sup>a</sup>	14,6 <sup>a</sup>
P2	20,7 <sup>a</sup>	19,3 <sup>a</sup>	16,2 <sup>a</sup>	17,4 <sup>a</sup>	17,9 <sup>a</sup>	12,7 <sup>a</sup>
P3	21,3 <sup>a</sup>	15,0 <sup>a</sup>	16,2 <sup>a</sup>	17,0 <sup>a</sup>	17,5 <sup>a</sup>	19,4 <sup>a</sup>
P4	21,1 <sup>a</sup>	5,0 <sup>b</sup>	11,9 <sup>a,b</sup>	19,8 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>	17,5 <sup>a</sup>
P5	22,2 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	11,7 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	17,2 <sup>a</sup>	10,3 <sup>a</sup>

Letras minúsculas diferentes entre si nos tempos de exposição que são estatisticamente diferentes entre si (Dunn a p <0,05).

**Fonte: Aatoria própria (2020).**

Quanto a genotoxicidade, segundo Herrero et al. (2012), a genotoxicidade no teste *A. cepa* é observado quando há alta frequência de alterações celulares, como ampliações gênicas, células com aderências, brotos nucleares e anáfases multipolares em células meristemáticas, portanto, nenhum dos pontos demonstrou alterações celulares em tecidos meristemáticos de *A. cepa*, tanto em fevereiro como em agosto, portanto as amostras podem ser caracterizadas como não genotóxicas.

### **6.3 Resultados dos Testes de fitotoxicidade em *Lactuca sativa* L.**

Na Tabela 4 encontram-se os resultados obtidos no teste de germinação de 30 sementes de *L. sativa* para avaliação de fitotoxicidade das amostras de água coletadas, onde é possível observar que não houve diferença significativa entre os tempos de exposição, os pontos analisados e o controle negativo, portanto o teste de germinação não apresentou potencial de fitotoxicidade nas amostras coletadas.

**Tabela 4 - Resultado do teste de germinação de trinta sementes de *Lactuca sativa* L. e desvio padrão para avaliação de fitotoxicidade nas amostras de água do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5)**

Germinação		
	1° Coleta - Fevereiro	2° Coleta - Agosto
<b>P1</b>	24,66 ± 4,72 <sup>a</sup>	27,33 ± 1,15 <sup>a</sup>
<b>P2</b>	17,33 ± 0,94 <sup>a</sup>	26,66 ± 1,15 <sup>a</sup>
<b>P3</b>	22,00 ± 6,24 <sup>a</sup>	24,66 ± 0,57 <sup>a</sup>
<b>P4</b>	23,33 ± 0,57 <sup>a</sup>	26,33 ± 1,52 <sup>a</sup>
<b>P5</b>	25,33 ± 1,15 <sup>a</sup>	24,66 ± 4,50 <sup>a</sup>
<b>Controle</b>	23,66 ± 2,08	26,00 ± 3,00

Letras minúsculas diferentes entre si nos tempos de exposição que são estatisticamente diferentes entre si (Dunn a p <0,05).

Fonte: Aatoria própria (2020).

O outro teste de fitotoxicidade realizado foi o de crescimento radicular de *L. sativa*, onde as mesmas sementes usadas para o teste de germinação permaneceram em exposição à amostra para avaliar se houve perturbação no crescimento das raízes que germinaram. Os resultados deste teste estão descritos na Tabela 5,

**Tabela 5 - Resultado do teste de Comprimento de Radículas e Índice de Crescimento Relativo (ICR) em *Lactuca sativa* L. realizado em amostras de água do Rio Catingueiro (P1 e P2), Rio Cristalino (P3) e Rio Ligeiro (P4 e P5)**

Comprimento de Radículas e Índice de Crescimento Relativo (ICR)				
	Coleta 1 – Fevereiro		Coleta 2 – Agosto	
	Média do Comprimento das Radículas (cm)	ICR	Média do Comprimento das Radículas (cm)	ICR
P1	1,10±0,24	1,25	4,57±1,03	1,29
P2	0,71±0,17	0,81	4,27±1,80	1,19
P3	0,74±0,71	0,84	4,41±1,30	1,23
P4	1,13±0,19	1,28	4,11±1,10	1,15
P5	0,90±0,26	1,02	3,65±1,47	1,03
CN	0,88±0,29	-	3,54±0,93	-

Fonte: Aatoria própria (2020).

Com os resultados da tabela acima, é possível observar que não houve resultados significativos quanto a fitotoxicidade em nenhuma das amostras analisadas no teste de comprimento radicular, pois, segundo Biruk et al. (2017), a fitotoxicidade neste teste é verificada quando o ICR é menor do que 0,8, indicando que a raiz da amostra teve um crescimento menor do que 80% do controle negativo.

## 7 CONCLUSÃO

As análises físico-químicas demonstraram que a condutividade, apesar de não ser um parâmetro abrangido pela Resolução CONAMA 357/2005, está em níveis que outros autores consideram significativos, acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , podendo indicar que os pontos P1 e P2, em fevereiro, e os pontos P1, P2 e P3, em agosto, estavam sob influência de impactos ambientais.

Somente dois o cobre e o alumínio estavam acima do permitido pela legislação. O cobre estava acima do padrão em P1, nas amostras coletadas tanto em fevereiro quanto em agosto, este elemento está ligado com a dissolução de solo e rocha. Já o alumínio ultrapassou o valor máximo permitido nos pontos P1 e P2 em amostras coletadas em agosto, elemento este proveniente dos despejos industriais que muitas vezes utilizam reagentes com alumínio em sua composição para tratamento de seus efluentes.

Na avaliação de citotoxicidade em *Allium cepa*, as amostras de fevereiro dos pontos P1 e P4 mostraram-se citotóxicas, este resultado pode ser explicado pela presença de manganês nestes pontos, pois foram os únicos pontos das amostras coletadas fevereiro que continham tal elemento. Além disso, outros autores também detectaram citotoxicidade em teste *A. cepa* com amostras contendo manganês. Quanto à avaliação de genotoxicidade pelo teste em *A. cepa* não foram encontrados indícios de genotoxicidade em nenhuma das amostras.

Em ambos os testes de fitotoxicidade, teste de germinação e teste de crescimento radicular, não foi observado traços de fitotoxicidade em nenhuma das amostras analisadas, tanto em fevereiro como em agosto.

## REFERÊNCIAS

- AZZOLINI, J. C.; FABRO, L. F. Monitoramento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de um laticínio da região meio-oeste de Santa Catarina. **Unoesc & Ciência**, v. 4, n. 1, p. 43-60, 2013.
- BAKARE, A. A.; ADEYEMI, A. O.; ADEYEMI, A.; ALABI, O. A.; OSIBANJO, O. Cytogenotoxic effects of electronic waste leachate in *Allium cepa*. **Caryologia**, v. 65, n. 2, p. 94–100, 2012.
- BIANCHI, J., CASIMIRO FERNANDES, T. C., & MARIN-MORALES, M. A. Induction of mitotic and chromosomal abnormalities on *Allium cepa* cells by pesticides imidacloprid and sulfentrazone and the mixture of them. **Chemosphere**, v. 144, p. 475–483, 2016.
- BIRUK, L. N.; MORETTON, J.; IORIO, A. F.; WEIGANDT, C.; ETCHEVERRY, J.; FILIPPETTO, J.; MAGDALENO, A. Toxicity and genotoxicity assessment in sediments from the Matanza Riachuelo river basin (Argentina) under the influence of heavy metals and organic contaminants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 135, p. 302-311, 2017.
- BRAGA, J. R. M.; LOPES, D. M. Citotoxicidade e genotoxicidade da água do rio Subaé (Humildes, Bahia, Brasil) usando *Allium cepa* L. como bioindicador. **Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 130-140, 2015.
- BRASIL. Conselho Nacional Do 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. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 18 de março de 2005. 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 13 de maio de 2011. 2011.
- CARMO, L. R.; LEAL, L. S.; RIBEIRO, L. R. *Allium cepa* e teste do Micronúcleo como bioindicadores de citogenotoxicidade em extratos aquosos de plantas medicinais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 82419-82430, 2020.
- CIANORTE. Prefeitura Municipal. **Dados Gerais**. Disponível em: <[www.cianorte.pr.gov.br/turismo](http://www.cianorte.pr.gov.br/turismo)>. Acesso em: 12 de nov. de 2019.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. In: **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**: Parte 1 - Águas doces. p. 46, 2014.

- CUNHA, B. M. **Avaliação ecotoxicológica de distintos tipos de efluentes mediante ensaios de toxicidade aguda utilizando *Artemia salina* e *Lactuca sativa***. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2011.
- DIAS, R. C.; MELO, C. A. D.; SANTOS, L. P. D.; SILVA, G. S.; OLIVEIRA, G. D.; CARNEIRO, P.; REIS, M. R. Ácido salicílico como atenuador de fitotoxicidade causada pelo flumioxazin na cultura do trigo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 2, p. 152-157, 2017.
- DOROFTEI, E.; ANTOFIE, M. M.; SAVA, D.; ARCUŞ, M. Cytogenetic effects induced by Manganese and Lead microelements on germination at *Allium cepa*. **Botanica Serbica**, v. 34, n. 2, p. 115-121, 2010.
- EATON, A. D. (ed); Rice, E. W.; Baird, R. B.; Clesceri, L. S. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. [s.l.]: American Public Health Association, 2012.
- FISKESJÖ, G. The *Allium* test as a standad in environmental monitoring. **Hereditas**. v. 102, p. 99-112, 1985.
- FRANZ, R. D. **Monitoramento da qualidade da água do Arroio Saraquá no município de Santa Clara do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado-PR, 2015.
- GALDINO, N. S.; TROMBINI, R. B. Análise físico-química da água do córrego Japira, localizado na cidade de Apucarana-PR. **Terra e Cultura**, s.v., n. 53, s.p., 2011.
- GILSON, I. K.; VIEIRA, M. G.; STEINKI, G.; CABRERA, L. C. Predição teórica da contaminação por agrotóxicos nos recursos hídricos de Realeza, Paraná. **Biodiversidade**, v. 19, n. 2, p. 143-155, 2020.
- GOIS, F. A.; SOUZA, G. A.; OLIVEIRA, M. J.; LIMA, R. S.; KOSLOWSKI, L. A. D. Análise da qualidade da água quanto ao despejo industrial têxtil no Rio dos Índios. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 9, n. 5, p. 15-27, 2016.
- GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.
- GUERRA, M.; SOUZA, M. J. **Como observar cromossomos: Um Guia de Técnicas em Citogenética Vegetal, Animal e Humana**, Ribeirão Preto – SP, FUNPEC, 2002.
- HERRERO, O.; MARTÍN, J.P.; FREIRE, O.F.; LÓPEZ, L.C.; PEROPADRE, A., HAZEN, M.J. Toxicological evaluation of three contaminant of emerging concern by use of *Allium cepa* test. **Mutation Research**, v. 743, n. 1, p. 24-34, 2012.
- HOEKSTRA, N. J.; BOSKER, T.; LANTINGA, E. A. Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress

(*Lepidium sativum* L.). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 93, p. 189-196, 2002.

ISSA, C. G. **Testes ecotoxicológicos para avaliação do potencial impacto ambiental em corpos receptores por efluentes de Estação de Tratamento de Esgoto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos - SP, 2019.

KLAUCK, C. R.; GIACOBBO, A.; OLIVEIRA, E. D. L.; SILVA, L. B.; RODRIGUES, M. A. S. Evaluation of acute toxicity, cytotoxicity and genotoxicity of landfill leachate treated by biological lagoon and advanced oxidation processes. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 5, n. 6, p. 6188-6193, 2017.

LELES, D. **Avaliação ecotoxicológica de efluente têxtil com corante utilizando sementes de *Lactuca sativa* e *Allium cepa***. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO, 2017.

LEME, D. M., & MARIN-MORALES, M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application. **Mutation Research**, v. 682, n. 1, p. 71–81, 2009.

MALAMAN, A. C. P. **Avaliação da citogenotoxicidade de águas fluviais na área urbana do município de Presidente Prudente-SP através do teste *Allium cepa* L.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional), Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente – SP, 2019.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, 2017.

MARCHIORETTO, L. R.; MAGRO, T. D. Efeito protetor do bentazon sobre a fitotoxicidade de herbicidas inibidores de ALS em duas cultivares de feijoeiro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 77-82, 2018.

MATOS, L. A.; CUNHA, A. C. S.; SOUZA, A. A.; MARANHÃO, J. P. R.; SANTOS, N. R. S.; GONÇALVES, M. M. C.; DANTAS, S. M. M. M.; SOUSA, J. M. C.; PERON, A. P.; SILVA, F. C. C. S.; ALENCAR, M. V. O. B.; ISLAM, M. T.; AGUIAR, R. P. S.; MELO-CAVALCANTE, A. A. C.; BONECKER, C. C.; JUNIOR, H. F. J. The influence of heavy metals on toxicogenetic damage in a Brazilian tropical river. **Chemosphere**, v. 185, n. 1, p. 852-859, 2017.

MELLO, Y. R.; FREITAS, L. L.; OLIVEIRA, T. M. N. ANÁLISE COMPARATIVA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NOS RIOS DO BRAÇO E MISSISSIPE, NORDESTE DE SANTA CATARINA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 54-72, 2020.

MENDES, S. A. **Avaliação de recursos hídricos na região sudoeste do Estado do Paraná, Brasil, sob influência de atividades antrópicas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Curso de Pós-Graduação em Inovações

Tecnológicas, Universidade Tecnológicas Federal do Paraná, Campo Mourão-PR, 2019.

MORAES, R. M. **Aspectos fisiológicos, metabólicos e alterações no ciclo celular de *Lactuca sativa* L. (asteraceae) em resposta ao cobre, peróxido de hidrogênio e óxido nítrico.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas-MG, 2015.

MOREIRA, I. **Estudo e comparação da eficiência da ação coagulante do polímero natural tanino e do cloreto férrico no tratamento de efluente têxtil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina - PR, 2016.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná.** Londrina – PR: Instituto Agrônomo do Paraná, 2019.

ÖZKARA, A.; AKYIL, D.; EREN, Y.; ERDOGMUS, S. F. Potential cytotoxic effect of anilofos by using *Allium cepa* assay. **Cytotechnology**, v. 67, n. 5, p. 783-791, 2015.

PIGNATI, W. A.; SOUZA e LIMA, F. A. N.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a vigilância em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n.10, p. 3281–3293, 2017.

PIZATO, E.; LOPES, A. C.; ROCHA, R. D. C.; BARBOSA, A. M.; CUNHA, M. A. A. Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p.1027-1035, 2017.

PRESTES, O. D. **Método rápido para a determinação simultânea de resíduos de agrotóxicos e medicamentos veterinários em alimentos de origem animal.** Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2011.

QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D.; VILAS BOAS, M. A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde**, v. 5, n. 4, p. 200-210, 2010.

QUINÁGLIA, G. A. **Estabelecimento de um protocolo analítico de preparação de amostras de solo para determinação de metais e sua aplicação em um estudo de caso.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2001.

ROY, A.; DAS, B. K.; BHATTACHARYA, J. Development and validation of a Spectrophotometric method to measure sulfate concentrations in mine water without interference. **Mine Water and the Environment**, v. 30, n. 1, p. 169-174, 2011.

SACRAMENTO, E. B.; AZEVEDO, C. A.; ABREU, S. T.; BORBA, H. R.; LIMA, V. M. Evaluation of the cytotoxic and genotoxic potential of waters of the Paraíba do Sul

River Basin - RJ through the *Allium cepa* test system. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 3, 2020.

SANTOS, M. S.; FILHO, H. B.; ARAÚJO, A. D.; FREITAS, M. O.; COSTA, T. M.; HORN, A. H. Análise da concentração e distribuição de metais pesados na água do Rio das Velhas entre a cidade de Várzea da Palma e o distrito de Barra do Guaiçuí—MG. **Revista Cerrados**, v. 16, n. 1, p. 130-158, 2018.

SANTOS, T. G.; SPIES, M. R.; KOPP, K.; TREVISAN, R.; CECHIN, S. Z. Mamíferos do campus da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 1, p. 125–131, 2008.

SCANDELA, A. P. J.; MARTINS, D. C. C.; MORO, F. B.; LINHARES, M. G.; FILHO, L. C.; TAVARES, C. R. G. Toxicidade aguda à *Lactuca sativa* de lixiviado tratado por ozonização e oxidação supercrítica. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 4, p. 3191-3197, 2019.

SCHIFF, P. B.; HORWITZ, S. B. Taxol stabilizes microtubules in mouse fibroblast cells. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 77, n. 3, p. 1561-1565, 1980.

SILVA, J. C. A.; PORTO, M. F. A. Recuperação de córregos urbanos através do controle de cargas pontuais e difusas. Córrego Ibiraporã, SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, b. 1, p. 82-90, 2015.

SILVA, P. O. **Métodos de tratamento de efluentes da indústria têxtil**. Monografia (Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais) - Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros – MG, 2013.

Silva, Y. G.; A. E. S.; Almeida, P. M.; Peron, A. P. Irrigation Water Quality of a Community Garden Complex in the State of Piauí, Northeastern Brazil. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 231, n. 113, 2020.

SOUZA, C. L.; ANDRADE, C. S. Health, environment and territory: a necessary discussion in health training. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 10, p. 4113-4122, 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 470 p.

ZUIN, G. C.; FILHO, P. S. V.; KVITSCHAL, M. V.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; COIMBRA, G. K. Divergência genética entre acessos de mandioca-de-mesa coletados no município de Cianorte, região Noroeste do Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 21-30, 2009.



## APÊNDICES

## APÊNDICE A

**Margens do Rio Catingueiro (P1), com mata ciliar altamente modificada, Cianorte-PR, agosto de 2020**



Fonte: Autoria própria (2020).

**Estrada atravessando o Rio Catingueiro (P2), em Cianorte-PR, fevereiro de 2020**



Fonte: Autoria própria (2020).

**Tubulação de despejo de água pluvial no Rio Cristalino (P3), em Cianorte-PR, fevereiro de 2020**



Fonte: Autoria própria (2020).

**Curso do Rio Cristalino (P3), Cianorte-PR, agosto de 2020**



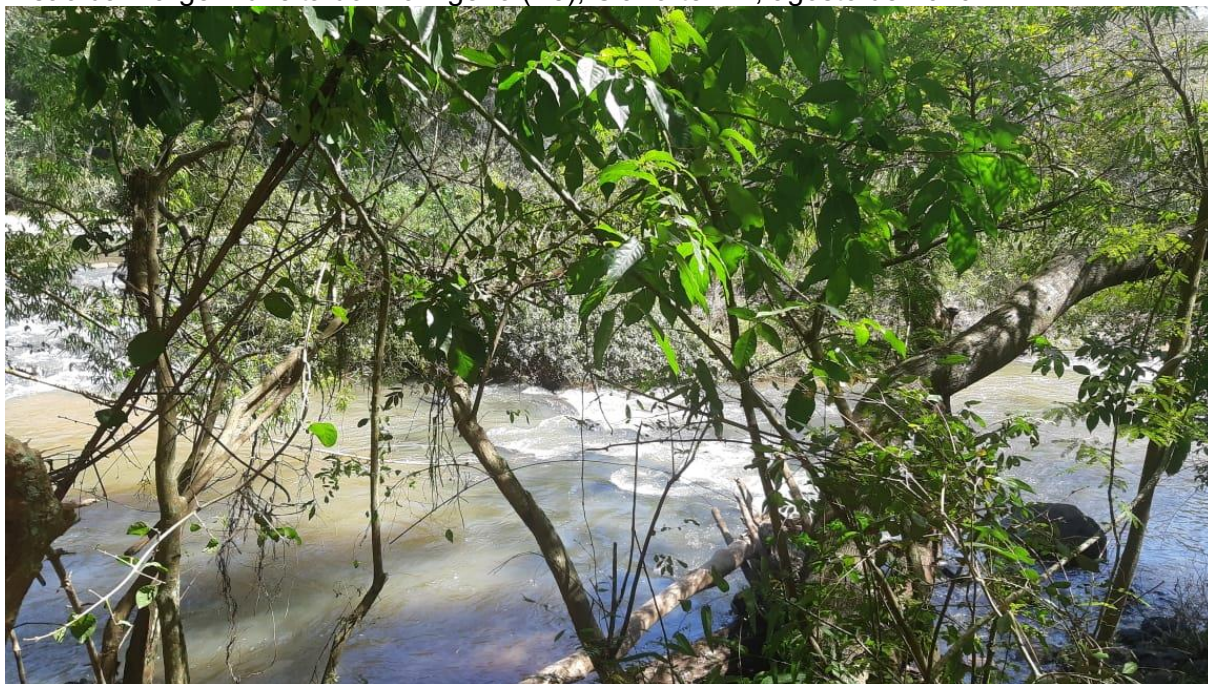
Fonte: Autoria própria (2020).

**Curso do Rio Ligeiro (P4), com mata ciliar preservada, Cianorte-PR, fevereiro de 2020**



Fonte: Autoria própria (2020).

**Visão da margem direita do Rio Ligeiro (P5), Cianorte-PR, agosto de 2020**



Fonte: Autoria própria (2020).