

**INSTITUTO FEDERAL**

Brasília

Campus Planaltina

**Curso Superior de Licenciatura em Biologia**

EDUARDA DOS SANTOS DE SOUSA

**MUTAGENICIDADE EM ESPÉCIES DE PEIXES DO RIO SÃO BARTOLOMEU E  
UMA SUGESTÃO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA POR MEIO DE UM  
INFOGRÁFICO**

Planaltina - DF  
2023

EDUARDA DOS SANTOS DE SOUSA

**MUTAGENICIDADE EM ESPÉCIES DE PEIXES DO RIO SÃO BARTOLOMEU E  
UMA SUGESTÃO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA POR MEIO DE UM  
INFOGRÁFICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Biologia do *Campus* Planaltina do Instituto Federal de Brasília como requisito parcial para obtenção de título de Licenciada em Biologia.

Orientadora: Profa. Dra. Susana Suely Rodrigues Milhomem Paixão

Planaltina - DF  
2023

Dedico a dona Sebastiana, minha mãe, meu maior amor e fonte de inspiração. À minha irmã Genairia, a quem admiro demasiadamente. *In memoriam* de meu pai, seu Edivan, que deixou umas das maiores saudades em meu peito.

## **AGRADECIMENTOS**

Nenhuma expressão de gratidão ou palavra de afeto será totalmente suficiente para transmitir o profundo agradecimento que sinto neste momento por todos aqueles que compartilharam esta jornada muitas vezes tortuosa comigo. Em breves palavras, tentarei destacar o quão essenciais foram as contribuições de cada um nesse longo percurso até aqui.

Primeiramente, gostaria de iniciar esses agradecimentos enfatizando todo o amor e admiração que tenho pela minha mãe Sebastiana e minha irmã Genairia, e agradecê-las pelo amor incondicional e apoio que sempre me dedicaram.

Sem a força das mulheres que me atravessam eu jamais seria quem fui e quem sou.

Agradeço, às minhas sobrinhas Sofhie, Maya e Melinda, por me ensinarem a ser tia todos os dias e me abastecerem de carinho e afeto em todas as minhas voltas pra casa. E a Elizabeth, a irmã que tanto amo e admiro, por sempre ter acreditado em mim.

Agradeço à Cris, pela amizade, por todo cuidado, carinho e acolhimento que me proporcionou, por ter me estendido a mão quando ninguém mais fez, por ter sido a minha família no Distrito Federal.

Agradeço à minha orientadora, Susana Milhomem, por toda nossa trajetória acadêmica nesses dois anos juntas, por sua brilhante orientação e pela parceria de sempre.

Agradeço às minhas amigas, Pâmela e Danielle, por terem amado e apoiado todas as minhas versões até aqui, por mesmo distantes me acolherem e estarem comigo sempre.

As minhas amigas do quarto 409, que nessa trajetória tornaram a estadia e a rotina no IFB mais leve, pela parceria que tivemos e pelas boas risadas que tornaram a realidade muito mais suportável.

Agradeço também todas as oportunidades e experiências realizadas no IFB, esta instituição que sempre foi sinônimo de educação pública de qualidade, a qual tenho um enorme carinho. A todas as professoras e professores dos quais tanto admiro, por todos os ensinamentos nesse percurso acadêmico.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente nesse percurso, por muitas vezes tortuoso, o meu muito obrigada.

**“E sonhos não envelhecem”**

**— Milton Nascimento**

## RESUMO

Ações antrópicas como urbanização, industrialização e atividades agrícolas são potenciais fontes de contaminação para os corpos hídricos, sendo esses muitas vezes o reservatório final de substâncias genotóxicas provenientes dessas atividades. Através da utilização de marcadores biológicos, estudos que viabilizem a identificação da relação causal entre a exposição de substâncias tóxicas, contaminantes e o aumento do risco de efeitos nos indivíduos e populações têm sido utilizados para determinar a saúde dos ecossistemas. Diante do exposto, este trabalho objetivou apresentar a metodologia e os resultados obtidos no projeto de PIBIC utilizando um infográfico como divulgação científica e recurso didático. Foram analisados eritrócitos das espécies de peixes *Psalidodon fasciatus*, *Cichlasoma paranaense*, *Moenkhausia* sp. e *Oligosarcus planaltinae*. As espécies foram coletadas em períodos distintos: novembro de 2020, maio de 2021, maio e dezembro de 2022. As médias de micronúcleo e alterações morfológicas nucleares foram submetidas ao teste ANOVA one way, seguido do teste Tukey com 5% de significância. Os resultados não indicaram frequências significativas de Micronúcleo e Anormalidades Nucleares nas áreas e espécies avaliadas. Este resultado comprova a ausência de poluição capaz de induzir alterações a níveis de DNA e cromossômicos nos organismos de forma alarmante. Sugere-se que tais resultados sejam em decorrência da preservação e pouca atividade antropogênica nos locais de coletas. O teste de MN e AN demonstraram ser uma ferramenta útil na verificação desses ambientes. Quanto ao infográfico aplicado à divulgação de dados dessa pesquisa, percebeu-se que o mesmo apresenta um alto potencial tanto voltado para metodologias educativas quanto para a divulgação científica, pois mostra-se como uma ferramenta valiosa capaz de simplificar e sintetizar informações rebuscadas do meio científico.

**Palavras-chave:** substâncias tóxicas; anormalidades nucleares; mutagenicidade; infográficos; divulgação científica;

## ABSTRACT

Anthropogenic actions such as urbanization, industrialization, and agricultural activities are potential sources of contamination for water bodies, which are often the final reservoirs of genotoxic substances from these activities. Through the use of biological markers, studies that make it possible to identify the causal relationship between exposure to toxic substances and contaminants and the increased risk of effects on individuals and populations have been used to determine the health of ecosystems. In view of the above, this work aimed to present the methodology and results obtained in the PIBIC project using an infographic as scientific dissemination and didactic resource. Erythrocytes from the fish species *Psalidodon fasciatus*, *Cichlasoma paranaense*, *Moenkhausia* sp., and *Oligosarcus planaltinae* were analyzed. The species were collected in different periods: November 2020, May 2021, and December 2022. The averages of micronuclei and nuclear morphological changes were submitted to the one-way ANOVA test, followed by the Tukey test with a 5% significance level. The results did not indicate significant frequencies of micronuclei and nuclear abnormalities in the areas and species evaluated. This result proves the absence of pollution capable of inducing alterations to DNA and chromosomal levels in the organisms in an alarming way. It is suggested that these results are due to the preservation and low level of anthropogenic activity at the collection sites. The MN and AN tests proved to be useful tools in verifying these environments. As for the infographic applied to the dissemination of data from this research, it was noted that it has high potential for both educational methodologies and scientific dissemination, as it is a valuable tool capable of simplifying and synthesizing far-fetched information from the scientific environment.

**Keywords:** toxic substances; nuclear abnormalities; mutagenicity; infographics; science communication;

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Amostras e Locais de coleta</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Micronúcleo e Anormalidades Nucleares</b>	<b>17</b>
<b>2.3. Análises estatísticas</b>	<b>17</b>
<b>2.4. Elaboração do Infográfico</b>	<b>18</b>
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Análise dos Micronúcleos e Anormalidades Nucleares</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Alterações eritrocitárias</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Infográfico</b>	<b>21</b>
<b>4. DISCUSSÃO</b>	<b>26</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO A — Declaração de Bolsista PIBIC FAP-DF</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO B - Declaração de Bolsista PIBIC FAP-DF</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO C - Ata de defesa do TCC</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A contaminação ambiental tem se tornado um problema global crescente, pois envolve modificações químicas e biológicas que podem trazer impacto à saúde. Neste quadro, muitas substâncias químicas relacionadas à agricultura, à pecuária, à indústria, ao esgoto e ao lixo das cidades são liberadas no ambiente aquático constantemente, as quais levam a vários efeitos deletérios nos organismos expostos. Esses efeitos deletérios relacionados ao DNA e aos cromossomos são estudados dentro da Mutagênese que tem sido aliada ao estudo sobre a poluição em águas interiores e costeiras (Silva, Erdtmann, Henriques, 2003).

Acerca das alterações que afetam a estrutura e integridade das moléculas de DNA, estas podem surgir espontaneamente, por meio de instabilidade intrínseca das ligações químicas da molécula ou podem ser induzidas por compostos químicos extrínsecos. Sabe-se que diversas substâncias apresentam afinidade de ligações com o material genético de organismos vivos, causando alterações e anomalias na fita de DNA, sendo chamados esses de agentes genotóxicos ou mutagênicos (Boer eHoeijmakers, 2000).

De acordo com Cardoso (2017), a liberação de produtos químicos, que possuem em sua composição agentes genotóxicos e/ou carcinogênicos, no meio ambiente tem aumentado devido à atividade humana, tanto rural e industrial, quanto urbana. Esse tipo de exposição é bastante prejudicial ao meio ambiente.

Sendo assim, é importante ressaltar que os estudos de mutagênese ambiental também envolvem a utilização de marcadores biológicos, auxiliando na identificação da relação causal entre a exposição de substâncias tóxicas, contaminantes e o aumento do risco de efeitos nos indivíduos e populações, o que pode ocasionar comprometimento da integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos (Bolognesi *et al.*, 2006).

Atualmente, menciona-se que os biomarcadores podem ser estudados a nível genético, bioquímico, histopatológico, fisiológico, reprodutivo, populacional e até em nível de comunidades, possibilitando a compreensão do que acontece com uma população que está sendo afetada por um ou vários contaminantes (Akaishi, 2003). Esses têm sido comumente utilizados nos últimos anos, pois apresentam alta capacidade de identificação de danos causados por poluentes atmosféricos, aquáticos ou do solo (Cardoso, 2017).

Adicionalmente, os bioindicadores são definidos como organismos ou comunidades que respondem à poluição ambiental alterando suas funções vitais ou acumulando toxinas (Lima, 2001). Dessa forma, a bioindicação é capaz de mensurar as respostas provenientes nos organismos biológicos em decorrência das ações antrópicas que afetam um determinado local. Isto é, os organismos que integram propriedades físicas, químicas e biológicas nos ecossistemas são aptos para julgar a saúde relativa dos ambientes (Cairns; McCormick; Niederlehne, 1993).

É notório que os corpos d'água estão expostos continuamente a ações antrópicas prejudiciais que alteram o funcionamento dos ecossistemas e a mediação por uma ampla gama de variações induzidas xenobionticamente em células através de processos bioquímicos, estruturais ou funcionais (biomarcadores) em organismos sentinelas (bioindicadores) e isso pode revelar precocemente respostas ao estresse ambiental (Bolognesi; Hayashi, 2011).

Neste contexto, os peixes estão entre os organismos que respondem de forma variada quando em contato com um determinado contaminante. Esses organismos são considerados ótimos indicadores de carcinogenicidade, mutagenicidade e genotoxicidade (Torrezani, 2015). Esses indivíduos dominam os ecossistemas aquáticos através de uma grande variedade morfológica, fisiológica e comportamental. Portanto, são vistos como ótimos bioindicadores para detecção de anomalias de diversos níveis presentes no meio ambiente devido ao seu papel na cadeia trófica aquática (Bolognesi e Hayashi, 2011).

Tais fatores expressam seu potencial bioacumulador, bem como denotam sua relevância como bioindicador pelo seu papel na nutrição humana. Além disso, apresentam predisposições favoráveis em acumular poluentes diretamente da água contaminada ou indiretamente pela ingestão de organismos aquáticos contaminados (Vasconcelos, 2012).

Nesta conjuntura, a técnica de micronúcleo é amplamente utilizada como biomarcador para o biomonitoramento ambiental, devido à alta facilidade quanto a sua aplicação e vem sendo utilizada por ser uma técnica confiável, rápida e menos exigente tecnicamente do que a pontuação de aberrações cromossômicas, por exemplo (Bueno, *et al.*, 2017).

De acordo com Obiakor *et al.* (2012), os micronúcleos são corpos citoplasmáticos contendo cromatina, formados quando os fragmentos cromossômicos acêntricos se atrasam durante a anáfase e não se tornam

incorporados nos núcleos das células filhas no processo de divisão celular. Esse dano genético surge como resultado de anormalidades cromossômicas ou do fuso que levam à formação de micronúcleos. O mesmo autor ainda ressalta que essas alterações tendem a ser irreversíveis e manifestam-se nas futuras gerações através da hereditariedade, o que pode comprometer drasticamente a diversidade do ecossistema impactado.

Logo após a exposição a agentes cancerígenos e/ou genotóxicos os danos ao DNA e aos cromossomos são os eventos críticos muito importantes. Danos cromossômicos, como resultado ineficiente ou reparação incorreta do DNA, são expressos durante a divisão celular e representam um índice de efeitos genotóxicos acumulados (Bolognesi *et al.*, 2006).

Além dos micronúcleos, outras anormalidades nucleares presentes nos eritrócitos dos peixes, tais como as células binucleadas, invaginadas e lobuladas também são consideradas biomarcadores citogenéticos de impacto ambiental podendo ser utilizadas como numa escala complementar à frequência de micronúcleos (Thomé; Silva; Santos, 2016).

Em suma, os agentes genotóxicos podem causar danos no DNA e caso não ocorra o reparo das lesões, pode ser iniciada uma cascata de consequências biológicas nas células, órgãos, no animal inteiro e finalmente atingir a população e a comunidade do organismo (Santos, 2015).

Neste ínterim, quando se fala de contaminação aquática, é importante também relatar sobre o bioma estudado neste trabalho, que é o Cerrado, já que no Brasil existem seis tipos diferentes (Alves e Moraes, 2020). O Cerrado está localizado no Planalto Central do Brasil, é o segundo maior em extensão, sendo ultrapassado somente pela Amazônia. Seu território liga os demais Biomas existentes e estende-se por 10 estados, representando um total de 21% do território nacional. Sua vegetação engloba formações florestais, savânicas e campestres, apresentando uma diversidade de fitofisionomias com interações determinantes para os aspectos qualitativos e quantitativos que formam esse Bioma. De acordo com Ribeiro; Walter (1998) o resultado dessas interações é a grande variedade de tipos fitofisionômicos encontrados na região, com o surgimento de mosaicos vegetacionais. Em aspecto hídrico, o Cerrado abriga as nascentes de importantes rios que banham o território nacional, e pode ser considerado como “caixa d’água do Brasil” (Bandeira; Campos, 2018).

A bacia de São Bartolomeu é a principal responsável por banhar os limites do Distrito Federal e do entorno, dessa forma, mostra-se como um ambiente que precisa ser estudado e descoberto. Por tanto, ter conhecimento de sua biodiversidade e possíveis problemas ambientais facilitará no desenvolvimento de futuras ações de preservação da área (Sena-Souza; *et al.*, 2013, p.9).

Todo este projeto foi desenvolvido com o financiamento de bolsas de Iniciação Científica provenientes do convênio do IFB (Instituto Federal de Brasília) com a FAPDF (Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal) nos anos de 2020 e 2022 (ANEXO A e B). Com o intuito de apresentar este projeto como um Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Biologia e seguindo as orientações do Manual do TCC (2023) do referido curso, buscou-se realizar uma Divulgação Científica e propor um recurso didático através da metodologia e resultados empregados utilizando um infográfico.

Neste sentido, a Divulgação Científica (DC) pode ser definida como o “uso de processos e recursos técnicos para a comunicação da informação científica e tecnológica ao público em geral” (Bueno, 1984). Sendo assim, a divulgação supõe a tradução de uma linguagem especializada para uma leiga a fim de exemplificar aspectos técnicos de uma determinada área.

Entretanto, a DC é difícil, pois é necessário gerar possibilidades para que as pessoas tenham a capacidade de discernir conscientemente com base nas informações científicas que têm acesso e possam desenvolver um aprendizado lógico. Contudo, a linguagem, os meios de comunicação, a quantidade de informações muitas vezes de difícil compreensão à população acaba por elitizar os conhecimentos científicos, tornando-os seletivos (Gallon *et al.*, 2019). Dessa forma, é evidente a necessidade das instituições de pesquisa, dentre as quais estão as faculdades e as universidades, assegurar a prática da divulgação científica de suas pesquisas para além dos muros.

Neste contexto, o maior desafio da DC é encontrar uma forma de apresentar a ciência para as pessoas de um modo dinâmico, prático e interativo. Por isso, a divulgação científica tem como uma de suas funções principais facilitar o aprendizado científico, ou seja, busca aproximar os produtores de ciência e tecnologia do cidadão comum, contextualizando os fatos e resultados de pesquisa com a realidade das pessoas (Xavier e Gonçalves, 2014). Com base nisso,

compreende-se que a inacessibilidade aos novos conhecimentos ou a incapacidade de compreendê-los limita a prática cidadã (Targino e Torres, 2014).

No âmbito da escola, dentre suas principais funções, está a finalidade de possibilitar a compreensão dos conhecimentos produzidos pela humanidade. Assim, os conhecimentos científicos na medida em que são elaborados, passam por uma codificação, sendo necessário haver uma interpretação e adequação nos processos didáticos em função disso, para que assim chegue de forma eficiente aos alunos este conhecimento codificado e transposto (Silva e Frenedo 2009).

Essa compreensão representa a transposição didática, caracterizada como um conjunto de ações transformadoras que convertem um conhecimento especializado em um conhecimento passível de ensino. Um processo de transformação requer a definição ou escolha de um ponto inicial ou ponto de referência. O ponto de referência ou o conhecimento de referência escolhido é aquele gerado pelos cientistas, em conformidade com as normas estabelecidas pelo estatuto da comunidade à qual pertencem (Pinho Alves, 2001).

Por isso, a implementação bem-sucedida desse processo não apenas democratiza o conhecimento científico, tornando-o apto para o ensino, mas também reforça a relevância da interação entre a academia e a sociedade, promovendo assim a ampliação do saber científico.

Adicionalmente, é importante mencionar que devido à complexidade dos métodos científicos aplicados e muitas vezes à falta de contextualização de forma sistêmica, os indivíduos acabam por não associar a sua realidade e colocar-se criticamente frente aos problemas. Por conseguinte, muito mais que facilitar a divulgação, é necessário que a formação da sociedade não seja apenas informativa, pois assim se torna adestradora, sendo necessária uma abordagem crítica atual da história de inter-relações, levando a uma visão holística do contexto mundial (Da Cunha; Leite, 2009).

Por conseguinte, com o avanço na tecnologia e as inovações na impressão, além da utilização em larga escala dos computadores, uma outra linguagem jornalística – a infografia – começou a ocupar cada vez mais espaço nos veículos de comunicação (Modolo, 2007). De acordo com autor supracitado essa linguagem, que dá preferência à imagem, parece encaixar-se mais adequadamente ao estilo de vida da população, já que pode ser lida em poucos minutos, é predominantemente visual, e apresenta-se de fácil compreensão a uma grande parcela da população.

Por isso, a infografia ou infográficos são formas de representação/visualização da informação. Este tem sido um recurso muito utilizado pois é capaz de permitir a análise de um fato de forma mais pormenorizada nas suas diversas fases (Bottentuit Junior; Lisboa; Coutinho, 2011).

Ainda de acordo com os autores citados acima, na era da informação, os infográficos apresentam diversas potencialidades pois complementam sua formação em recursos advindos da Web, tais como vídeos, redes sociais, enciclopédias eletrônicas, imagens, etc (Bottentuit Junior; Lisboa; Coutinho, 2011).

E mais: o emprego do infográfico ajuda a sintetizar o conteúdo e dados de forma mais resumida e visual. Sendo, geralmente, empregada para descrever um processo, uma sequência ou, ainda, para explicar um mecanismo complicado. Um bom infográfico deve facilitar a compreensão da informação rapidamente (Cerigatto; Medeiros; Segurado, 2010).

Conforme Modolo (2007), uma característica importante dessa linguagem é a conectividade e a interatividade entre texto e imagem. Além disso, há que se considerar a clareza no tratamento da informação. A imagem deixa de ter somente o papel de ilustrar o texto escrito, e pelo contrário, apresenta-se como a própria informação, protagonizando, juntamente com o verbal, o processo de comunicação.

Esse autor também afirma que o infográfico permite um melhor aproveitamento do espaço da página, pois ele é capaz de condensar e simplificar a informação com uma linguagem verbal mais simples e uma linguagem visual mais atraente, tornando-se mais acessível ao público-alvo independentemente das camadas sociais (Modolo, 2007).

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é apresentar a metodologia e os resultados obtidos no projeto de PIBIC utilizando um infográfico como divulgação científica e recurso didático.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Amostras e Locais de coleta**

Foram coletados e analisados 51 exemplares de peixes de quatro espécies diferentes (*Psalidodon fasciatus*, *Cichlasoma paranaense*, *Moenkhausia* sp., *Oligosarcus planaltinae*) – (Tabela 01), provenientes de quatro 4 pontos de coletas ao longo da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, no Distrito Federal, Brasil:

1-Barragem Poção pertencente à microbacia do Córrego Arrozal; 2-Barragem do Gado e 3-Córrego Corguinho pertencentes à microbacia do Córrego Corguinho e 4-Córrego Vale Verde pertencente ao Ribeirão Mestre D'Armas. O ponto de coleta 1 está presente em área de preservação ambiental do IFB e que através da Lei Complementar nº 630, de 29 de julho de 2002 (DODF, 2002) a área foi transformada em Parque Ambiental que se encontra em fase de implantação. Os pontos de coletas 2 e 3 estão presentes na área da fazenda que compõe o território do Instituto Federal de Brasília – IFB, *campus* Planaltina em Planaltina/DF, onde todas as atividades da escola acontecem. O ponto 3 conta com uma semiurbanização e localiza-se em uma região bem próxima de uma estação de tratamento de água da CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal), sendo em função disso um local potencialmente suscetível a ações prejudiciais à saúde do ambiente aquático. O ponto 4 encontra-se fora do território do IFB, mas dentro da região administrativa de Planaltina DF. Este local apresenta grande urbanização em volta, além de um balneário privado conhecido como Vale Verde, onde vários banhistas frequentam o local para atividades de esporte e lazer. Os Córregos Arrozal e Corguinho e o Ribeirão Mestre D'Armas fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu (Figura 1), e da Unidade Hidrográfica - Alto Rio São Bartolomeu /UH-4 (Catálogo Hidrográfico do DF, 2017).

Tabela 01. Local de coleta, método utilizado e o quantitativo das quatro espécies capturadas.

<b>Local de coleta</b>	<b>Método de coleta</b>	<b><i>Psalidodon fasciatus</i></b>	<b><i>Cichlasoma paranaense</i></b>	<b><i>Moenkhausia</i> sp.</b>	<b><i>Oligosarcus planaltinae</i></b>
Barragem Poção	Anzol	13	8		
Barragem do Gado	Anzol		7		
Córrego Corquinho	Covo+Anzol	7	1	7	1
Córrego Vale Verde	Anzol	7			

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

As coletas foram desenvolvidas utilizando-se como métodos de captura o anzol e o covo. Após capturados, os peixes foram transportados para o laboratório de Biologia Geral do CEBIO (Centro de Ensino em Biologia) onde foram fotografados, pesados e sexados. Os indivíduos foram mantidos vivos por um curto período de tempo dentro de aquários aerados, com água limpa e em temperatura ambiente até serem anestesiados e eutanasiados por choque hipotérmico seguido pela secção da medula e mielotomia. Logo após, foi feita a retirada do sangue para a realização do esfregaço em lâmina. Ao final, os exemplares foram fixados em formol 10% e posteriormente foram conservados em etanol 70% (Uieda e Castro, 1999). O material testemunho foi depositado na Coleção Ictiológica da Universidade de Brasília.

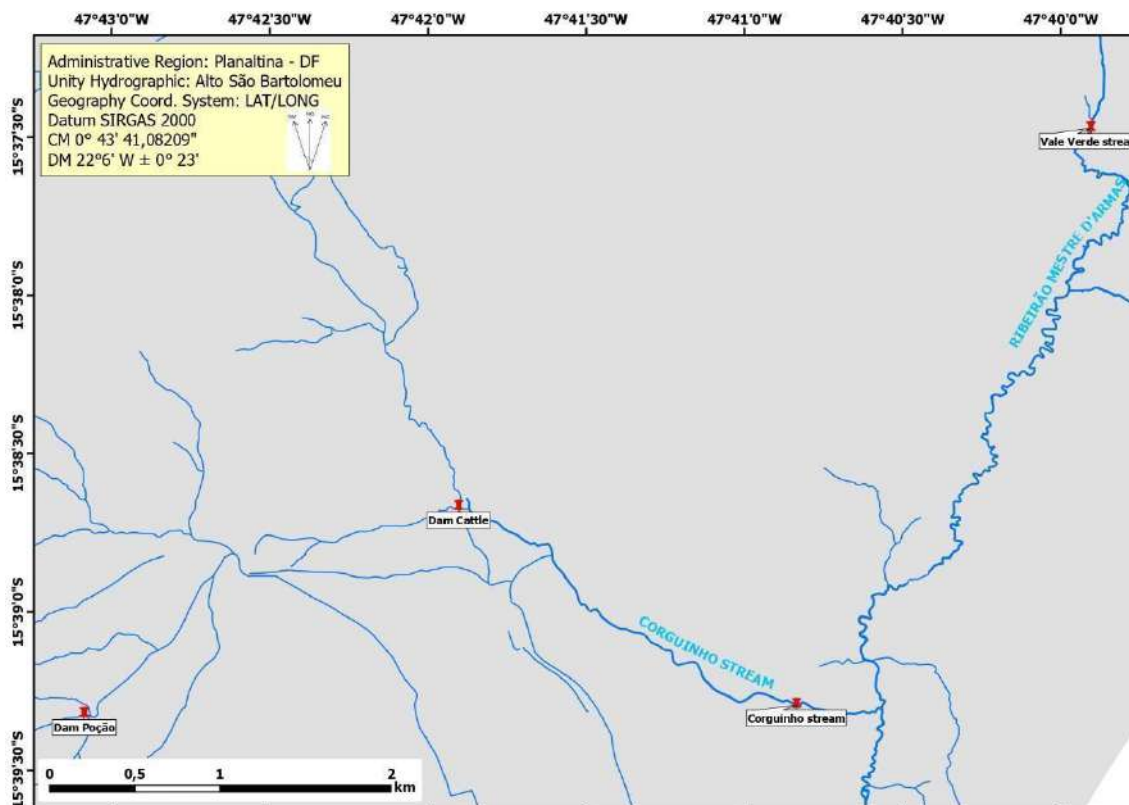


Figura 1: Mapa de parte da bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu com detalhes nos pontos de coleta (1-Barragem Poção, 2-Barragem do Gado, 3- Córrego Corguinho, 4- Córrego Vale verde) em Planaltina/DF.

## 2.2. Micronúcleo e Anormalidades Nucleares

Os testes de micronúcleo e anormalidades nucleares foram realizados de acordo com o protocolo proposto por Fenech *et al.*, (2003) e Barsiene *et al.*, (2006). Aproximadamente 50  $\mu$ L da suspensão SBF (Soro Bovino Fetal) e sangue foram utilizados para os esfregaços sanguíneos, sendo realizados esfregaços em duas lâminas por indivíduo. Posteriormente, as lâminas foram fixadas em metanol absoluto (10 minutos) e coradas com Giemsa (20 % v/v), lavadas com água destilada e secas à temperatura ambiente. A análise foi feita em Microscópio da Zeiss Primo Star em objetivas de 40 e 100 vezes de aumento. 2000 células por indivíduos foram analisadas para observação da presença de micronúcleos (MN) e anormalidades nucleares (AN).

## 2.3. Análises estatísticas

A frequência de micronúcleos (MN) e de anormalidades nucleares (AN) foram calculadas dividindo-se o número de MN e AN pelo total de células contadas de

cada indivíduo e multiplicada por 100 para se ter um resultado em porcentagem. A média desses dados quantitativos foram comparadas com base em teste Anova One Way, seguido do pós-teste de Tukey para calcular a frequência de micronúcleos (MN) e a frequência de anormalidades nucleares (AN) em duas amostras não pareadas cujo nível de significância estabelecido foi  $p < 0,05$ . Os valores de MN e AN são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. O programa estatístico utilizado foi o GraphPad Prism 5.0.

## **2.4. Elaboração do Infográfico**

O infográfico foi elaborado em três seções distintas: 1-A representação dos corpos d'água; 2-A divisão celular Mitose e 3-A síntese da Técnica de Micronúcleo.

Quanto a sua criação, ele foi desenvolvido na plataforma de design gráfico *Canva*, cuja versão gratuita oferece aos usuários a capacidade de criar uma variedade de designs diferenciados.

As imagens empregadas na concepção do infográfico foram obtidas a partir de bancos de dados gratuitos disponíveis no *Google* e a seleção dessas foi guiada através da preferência por elementos estéticos que melhor se adequassem à composição visual designada para a identidade escolhida.

Dada a finalidade intrínseca dos infográficos, que é transmitir informações de forma concisa e objetiva, a escolha dos símbolos adotados também desempenhou um papel de importância no processo de criação.

A referência utilizada como base para a elaboração deste infográfico foi (Menezes e Pereira, 2017).

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Análise dos Micronúcleos e Anormalidades Nucleares**

Os resultados da Frequência de Micronúcleos (MN) e da Frequência de Anormalidades Nucleares (AN) estão representados na Figura 02. Em nenhuma das amostras houve diferença significativa. A média e o desvio padrão estão apresentados na Tabela 02, sendo  $p < 0,05$ .

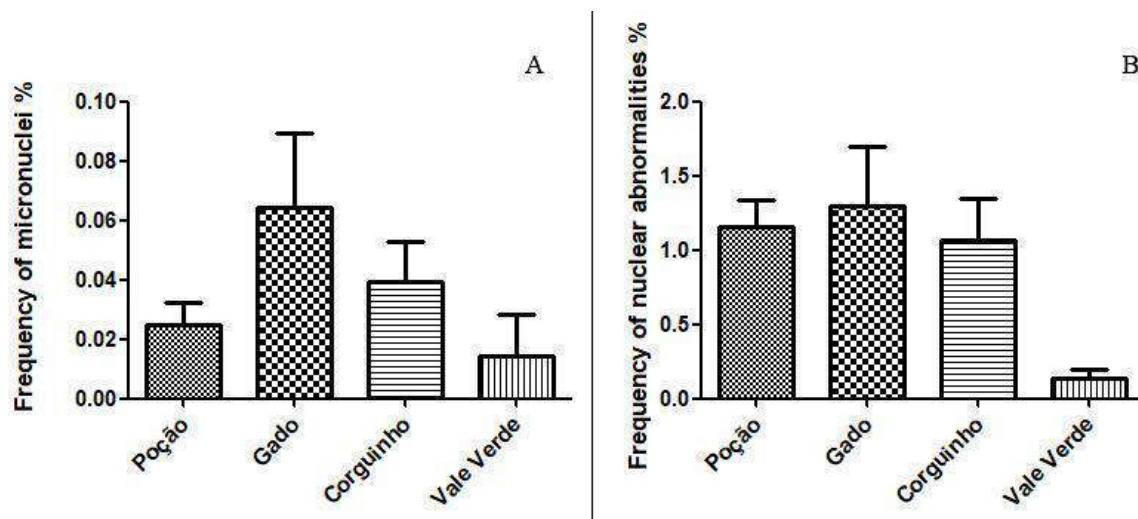


Figura 02: A- Frequência de micronúcleo (MN); B- Frequência de anormalidades nucleares (AN). Todas analisadas em 4 locais de coletas (Barragem Poção, Córrego Corguinho, Barragem do Gado e Córrego Vale Verde).

Tabela 02. Frequência de micronúcleos Fr (MN) e de Anormalidades Nucleares Fr (AN) em porcentagem % da média  $\pm$  desvios padrão ( $X \pm DP$ ) para as 4 localidades estudadas.

Localidade	$X \pm DP$ (Fr MN%)	$X \pm DP$ (Fr AN) %
Barragem Poção	0,03 $\pm$ 0,05	1,16 $\pm$ 1,30
Barragem do Gado	0,06 $\pm$ 0,09	1,30 $\pm$ 1,49
Córrego Corguinho	0,04 $\pm$ 0,08	1,06 $\pm$ 1,74
Córrego Vale Verde	0,01 $\pm$ 0,05	0,14 $\pm$ 0,21

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

### 3.2 Alterações eritrocitárias

As AN foram analisadas com base nos resultados do trabalho desenvolvido por Furnus *et al.* (2012), Silva (2017) e nos escritos proposto por Carrasco; Tilbury (1990), como a seguir:

Blebbid: núcleos com uma pequena evaginação da membrana nuclear, parecendo conter eucromatina ou heterocromatina (mais escuro). O tamanho destas evaginações varia desde pequenas protuberâncias a estruturas completamente circunscritas, semelhantes aos micronúcleos, mas ainda ligadas ao núcleo principal.

Lobed: núcleos com evaginações mais largas do que as descritas para os blebbed. Sua estrutura não é tão definida como a anterior. Alguns núcleos apresentam várias destas estruturas.

Notched: núcleos que apresentam um corte bem definido em sua forma. Geralmente com uma profundidade apreciável no núcleo. Esses cortes parecem não possuir nenhum material do núcleo e parecem ser delimitados por membrana nuclear.

Micronúcleo: corpúsculos contendo DNA sem qualquer conexão estrutural com o núcleo principal.

Alguns exemplos dessas alterações são citadas na Figura 03 abaixo.



Figura 03: Células sanguíneas de peixes analisadas. A- Micronúcleo; B- Notched; C- Lobed;

### 3.3 Infográfico

O infográfico sintetizando o processo de poluição a nível trófico e conseqüentemente a formação de micronúcleos está apresentado na Figura 04 abaixo.

O infográfico apresenta uma divisão em quatro seções distintas, com o propósito de otimizar a organização das informações. A primeira seção foi dedicada à representação dos corpos d'água que se mostram suscetíveis à contaminação e à ocorrência de bioacumulação nos diversos níveis tróficos. Na segunda seção, apresentou-se um esquema simplificado que descreve o processo de divisão celular mitose, enfatizando como culmina a formação de micronúcleos quando há a exposição a agentes genotóxicos. Na terceira seção, apresenta-se uma síntese da técnica de micronúcleo adotada nesta pesquisa com objetivo de apresentar os passos desenvolvidos através de figuras.

E por fim, na quarta seção, igualmente relevante, são apresentados os resultados encontrados na pesquisa do PIBIC a fim de apresentá-los para a comunidade.

Dada a finalidade intrínseca dos infográficos, que é transmitir informações de forma concisa e objetiva, a escolha dos símbolos adotados também desempenhou um papel de importância no processo de criação. Por isso, a inclusão da figura de uma caveira, devido comumente ser utilizada em referências a aspectos associados à toxicidade, nocividade e perigo, sendo empregada neste infográfico para simbolizar a contaminação nos diversos níveis tróficos nos corpos aquáticos.

Em relação às cores, na representação do ambiente aquático, na seção um, utilizou-se um tom de azul claro, pois geralmente a água é representada pela cor azul. Nesse contexto, foi adotada uma estratégia de identidade visual que faz uso de cores de alto contraste nas fontes, a exemplo do amarelo claro e do vermelho utilizados nas faixas dos títulos. Igualmente, na seção três onde apresenta-se a técnica, optou-se por uma cor de fundo também em amarelo, proporcionando um contraste eficaz juntamente com figuras em preto, essa mesma abordagem foi estendida para representar elementos específicos no conteúdo. O vermelho, por exemplo, foi empregado para simbolizar a presença de componentes sanguíneos, enquanto o roxo foi escolhido para representar os eritrócitos corados com corante *Giemsa*.

Na seção dois, destinada à ilustração didática da divisão celular, o objetivo foi apresentar o processo de maneira didática e simplificada, destacando todos os estágios envolvidos e enfatizando os momentos que são propensos à formação de micronúcleos. Tendo em vista as abstrações encontradas sobre o tema, e as dificuldades enfrentadas por alunos e conseqüentemente pelo público leigo em relação à assimilação do conteúdo de divisão celular atrelada a mutação, buscou-se elucidar de forma contextualizada através de figuras sequenciais retratando a Prófase, Metáfase, Anáfase e Telófase, demarcando simplificadamente onde ocorre a formação de células micronucleadas.

Quanto à seção três do infográfico, optou-se por figuras diretas para sintetizar cada passo da técnica usada nesta pesquisa, buscando aplicar figuras que correspondam aos objetos utilizados, como o caso dos frascos, da centrífuga, lâminas, *eppendorf*, pipeta e microscópios de luz.

Na quarta seção, buscou-se focar nas informações, mas empregando imagens reais obtidas na pesquisa, como fotos de células micronucleadas e outras anormalidades nucleares, mas ainda utilizando figuras representativas para não extrair o caráter ilustrativo, bem como as cores empregadas nos balões, cujas foram pensadas quanto a representação de alerta e atenção.

Após a conclusão do infográfico, o mesmo foi apresentado na 14<sup>o</sup> Feira de Ciências que ocorreu em Maio de 2023, cuja abrangência escolas da Região Administrativa de Planaltina, porém, devido à greve dos professores da Secretaria de Educação do Distrito Federal (SEDF) ocorrida no mesmo período, a participação desses alunos foi inviabilizada, tendo assim somente a participação do público interno ao IFB, composto por alunos do ensino superior, médio e técnico, e ainda dos servidores de modo geral.

O infográfico foi apresentado em formato de banner impresso em lona para a comunidade com intuito de aferir suas percepções sobre o mesmo. Essas percepções foram coletadas através de formulário proposto com questões que coletaram a opinião do público em função da estética, compreensão, qualidade e objetividade.

Vale destacar, que devido a questão explicitada sobre a greve dos professores da SEDF, essa análise foi comprometida e interrompida, sendo mencionada neste trabalho apenas para fins de compreensão metodológica. Embora tenha sido inviabilizado dar continuidade a uma pesquisa mais aprofundada a fim de comparar

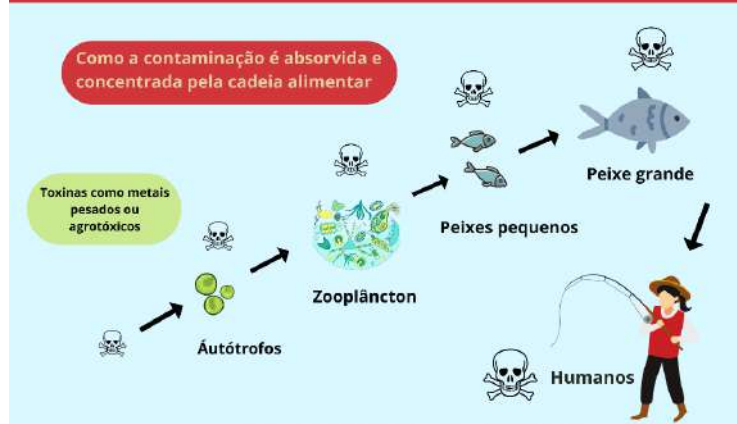
as percepções da comunidade a respeito do infográfico, algumas respostas do público presente foram registradas (Tabela 3).

Tabela 03: Respostas do formulário aplicado “Sugestões ou críticas a respeito do infográfico”

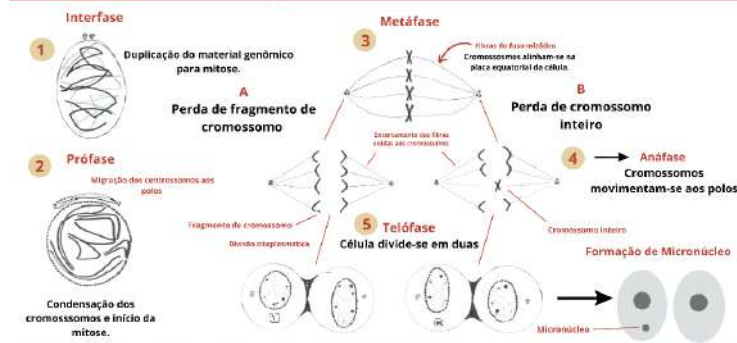
“As referências para consultas externas”
“Poderia exemplificar a parte sobre a preparação da lâmina de forma diferente pois o infográfico sozinho não explica o por quê o peixe tem que estar vivo até a coleta do material”
“Pessoas que não possuem um conhecimento específico em biologia podem ter dificuldade em interpretar alguns nomes”
“Excelente”
“Gostei bastante e entendi tudo do infográfico, porém fico com receio se é pelo fato de eu saber biologia, pois quem não tem noção, precisa de uma explicação”
“Infográfico muito auto explicativo e ilustrativo, a Duda explicou muito bem”
“Infográfico auto explicativo, muito interessante”
“Muito interessante a proposta do infográfico para facilitar o entendimento de assuntos complexos”
“Achei muito interessante esse tema”
“Não há sugestões, mas sinto que falta um pouco mais de explicação”

De forma geral, foram observadas sugestões relevantes quanto ao infográfico, algumas demonstrando ainda que o conteúdo é complexo e que necessita de mais explicações e outras elogiando a proposta de apresentação da metodologia e dos resultados da pesquisa. Sendo assim, foi possível perceber que o infográfico cumpriu sua missão de ilustrar as informações sobre o projeto, mas com a explicação ele ficou mais acessível. É como Souza e Sato (2019) comentam que a infografia abrange sua forma estrutural diagramática e sua característica funcional: a de permitir a compreensão de fatos ou dados complexos e é justamente por sua função explanatória, de investigação, que o formato se faz presente em diversas publicações de Divulgação Científica.

## Poluição e formação de micronúcleos



## Formação de Micronúcleos



## Teste de Micronúcleo e Anormalidades Nucleares

<p>▶ Os peixes são capturados e anestesiados. Em seguida, realiza-se um corte na região da cabeça para extração do material sanguíneo.</p>	<p>▶ Com auxílio de uma pipeta, o material sanguíneo será retirado e depositado em um eppendorf contendo um material aquoso, o SBF utilizado como fator de nutrição para as células ali presentes.</p> <p>▶ Esse material será centrifugado com objetivo de separar os dois conteúdos líquidos.</p>
<p>▶ Aplica-se a técnica de esfregaço sanguíneo para separação das células em meio líquido e espalhá-las em uma lâmina de vidro.</p>	<p>▶ As lâminas serão fixadas em metanol absoluto.</p> <p>▶ Lâminas coradas com corante Giemsa.</p> <p>▶ Por fim, as lâminas serão analisadas em microscopia de luz e 2000 mil células serão contabilizadas.</p>

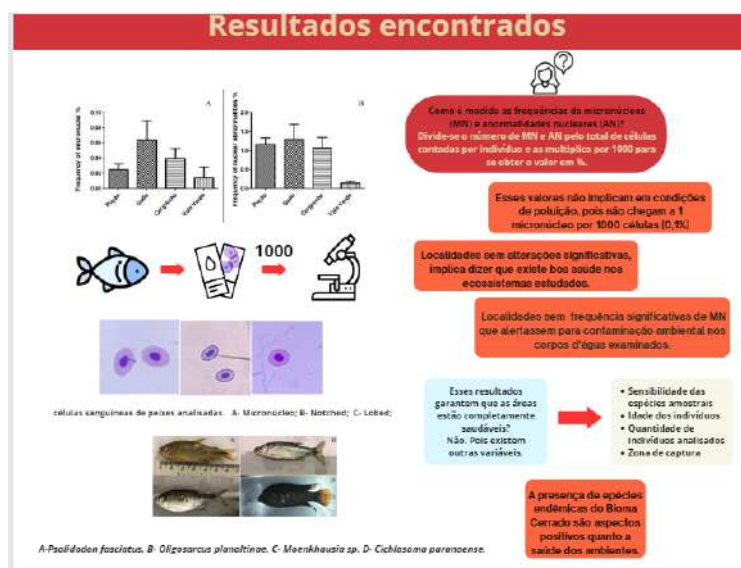


Figura 04: Infográfico elaborado pela autora.

Observa-se que, frente à ampla potencialidade do infográfico, a exploração de forma concisa de seus recursos, pode resultar em múltiplos benefícios para a sociedade de modo geral. Nesse contexto, as perspectivas de Câmara dos Santos (2002) em relação à transposição didática ampliam as sugestões de contribuição e aplicação desse recurso didático. O autor distingue duas modalidades de transposição do saber: a interna, que se desenvolve no interior da sala de aula e é realizada pelo professor, mediante os procedimentos de recontextualização e repersonalização do conhecimento. E a externa que ocorre antes da implementação de qualquer situação didática, envolvendo processos de didatização do saber, orientados para atender às necessidades da comunidade escolar.

Dentro dessa perspectiva, ao sugerir a adoção do infográfico como uma estratégia de divulgação científica e como um meio de realização da transposição didática externa para a comunidade escolar, destaca-se que sua implementação seja realizada por meio de exposições em feiras de ciências, eventos científicos e educacionais.

Já para o docente, a efetivação da transposição didática interna pode ser atendida através de sua utilização como recurso pedagógico, a fim de complementar

as aulas de genética. Além disso, sua utilização pode ser explorada também através da resolução de estudos de casos voltados para poluição ambiental e mutação, ampliando, assim, as possibilidades de utilização da ferramenta.

#### 4. DISCUSSÃO

As pesquisas com genotoxicidade em peixes são consideradas uma importante ferramenta na avaliação da qualidade da água, nos efeitos de poluentes e na ação antrópica sobre os indivíduos aquáticos. Tais pesquisas não só corroboram para análise da saúde dos ecossistemas delimitados, mas também demonstram que a análise de micronúcleo tem se destacado como um teste avaliativo para mensurar danos ambientais e seus efeitos na integridade do DNA de peixes (Gouveia *et al.*, 2014). Dessa forma, entende-se que o trabalho aqui realizado corrobora e contribui para uma análise ambiental da região de Planaltina-DF, objetivando encontrar pontos de contaminação ao longo da Bacia do Rio São Bartolomeu.

Em relação às análises técnicas das lâminas, é bem evidente a identificação dos micronúcleos, pois estes apresentam uma estrutura circular ou oval, com a mesma refringência e destacadas do núcleo principal. Seu tamanho corresponde entre 1/5 a 1/20 do tamanho do núcleo principal da célula (Goes *et al.*, 2012). Em tilápia e piaba, os micronúcleos não excedem 1/3 do tamanho do núcleo, sendo possível identificá-los nitidamente também por apresentarem bordas distinguíveis e com mesma cor e refringência do núcleo (Oliveira, Valdes, 2019).

De acordo com Silva (2017), quando as células são expostas a agentes mutagênicos, além da formação de micronúcleos pode haver a formação de outras alterações induzidas por poluentes, as Anomalias Nucleares Eritrocitárias (ANE). O processo de formação dessas alterações não é totalmente compreendido, mas sugere-se que ocorra quando uma parte do material genético fica atrasada no ciclo celular, fazendo com que o núcleo não seja oval e apresente proeminências em sua cromatina. Thomé, Silva e Santos (2016) ainda ressaltam que essas AN anormalidades nucleares são utilizadas como análise complementar às alterações eritrocitárias e essa correlação indica que as alterações nucleares podem ser respostas primárias, isto é, podem se apresentar antes da formação de

micronúcleos, daí a importância de sua investigação. As taxas de anormalidades nucleares AN encontradas nas espécies analisadas aqui neste estudo foram maiores que as de MN micronúcleos, mas refletem apenas respostas primárias que as células foram capazes de reparar, refletindo na diminuição das taxas de MN micronúcleos.

No presente estudo o teste de MN micronúcleos (MN) se mostrou eficiente na identificação de células micronucleadas das 4 localidades, porém não se encontrou frequências de MN que alertasse para contaminação ambiental nos corpos d'água examinados. Embora a quantidade de amostras destinadas para essa pesquisa tenha sido baixa, comparado a outros estudos de mesma natureza, ainda assim, com base na análise de 2000 eritrócitos por indivíduos, é possível considerar boa saúde para os quatro locais. Thomé, Silva e Santos, (2016) em seu trabalho destacam que a ocorrência de micronúcleos por origem endógena é amplamente relatada e não ultrapassa valores iguais a 1 micronúcleo por 1000 células (0,1%).

Os micronúcleos podem aparecer ao acaso devido a uma quebra cromossômica ou de disfunções dos fusos mitóticos e eventualmente pode não implicar em anormalidades. Porém, o aumento da frequência é influenciado pela exposição a substâncias clastogênicas e/ou aneugênicas, sendo assim, representa um claro sinal de perturbação no ambiente. Nesse sentido, os valores obtidos corroboram para situação de normalidade nesses ambientes aquáticos, embora a 2-Barragem do Gado (0,06%  $\pm$ 0,09%) e 3-Córrego Corguinho (0,04%  $\pm$ 0,08%) (Tabela 2) tenham apresentado valores maiores de micronúcleo, não implicam em condições de poluição nesses ambientes, pois não chegam a 1 micronúcleo por 1000 células (0,1%).

Para as alterações micronucleadas encontradas na 2-Barragem do Gado, sugere-se influência direta da pecuária exercida, uma vez que os animais que ali vivem, defecam constantemente, se alimentam e circulam pelas margens e dentro dos corpos d'água. Segundo Gouveia *et al.* (2014), a intensa atividade agropecuária e a pouca cobertura vegetal nas margens dos cursos d'água podem gerar condições favoráveis aos processos de contaminação e poluição das águas superficiais.

Entretanto, para a 1-Barragem Poção sugere-se pouco efeitos dessa atividade antropogênica, pois esta encontra-se com a vegetação da margem conservada e protegida por pertencer à área de preservação ambiental do IFB que é monitorada constantemente pela segurança do IFB- Campus Planaltina, já que através da Lei Complementar nº 630, de 29 de julho de 2002 (DODF, 2002) a área foi transformada em Parque Ambiental e dentre seus objetivos primordiais estão: i) a preservação e a recuperação da área de sua abrangência; ii) o desenvolvimento de pesquisas sobre o ecossistema local; iii) o desenvolvimento de atividades de educação e de pesquisa ambiental.

Destaca-se também que no ponto 4-Córrego Vale Verde, apesar de ser um local muito frequentado pela população local, e impactado, a vazão da água é intensa e dessa forma o acúmulo de substâncias que poderiam ser mutagênicas, não acontece. Neste caso, a investigação da presença de micronúcleos nos peixes dessa localidade buscou investigar se o uso de protetores solares pelas pessoas que frequentam o local poderia estar impactando a qualidade da água e o DNA dos peixes. De acordo com Rodrigues *et al.* (2021), “alguns protetores solares químicos apresentam potencial mutagênico, cancerígeno e desregulador endócrino pela presença de uma substância chamada benzofenona que se acumula ao longo do tempo a partir da degradação do octocrileno”.

A ausência de resultados significativos entre as 4 áreas estudadas pode sugerir associação a qualidade dos bioindicadores utilizados e os vários fatores que influenciam a sensibilidade das espécies amostrais. De acordo com Melo *et al.* (2013), algumas espécies de peixes são menos sensíveis do que outras, uma vez que bioindicadores de genotoxicidade na água pode ser influenciado por muitos fatores, tais como metabolismo, eficiência na reparação do DNA, mecanismos de defesa e nível trófico na cadeia alimentar. Os mesmos autores desenvolveram um trabalho comparando as frequências basais dos eritrócitos micronucleados e das anomalias nucleares (AN) entre diferentes espécies de peixes da ordem Gymnotiformes em localidades distintas da Amazônia Oriental.

No mesmo trabalho de Melo *et al.*, (2013) uma linha de base de frequência de MN e AN foram determinadas nesses peixes, permitindo a identificação de espécies potencialmente úteis como modelos para estudos de genotoxicidade. Nestas

localidades, os valores obtidos para a taxa base de MN e AN para cada espécie estudada mostrou níveis muito baixos e não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre eles ( $p > 0,05$ ). As frequências MN também eram muito baixas em outros municípios, mas nas amostras de Abaetetuba (PA) mostrou uma maior frequência de AN. Os autores associaram tais alterações à influência de uma região mineira de bauxita de muitas indústrias de alumínio sob o rio Caripetuba – Abaetetuba-PA. A exploração mineira e a sua eliminação de resíduos no rio Caripetuba provoca a degradação da qualidade da água. Além disso, o rio Caripetuba é caracterizado por um intenso tráfego de barcos por uma comunidade local. O combustível queimado destes barcos contém uma série de compostos capazes de induzir danos no DNA, que podem influenciar a formação de AN encontrados em espécimes recolhidos no rio. Resultados divergentes aos propostos neste trabalho foram encontrados por outros autores, como Santos (2015), que em pesquisa avaliou a frequência de MN em Tambaquis de 4 pisciculturas da região de Presidente Médici (RO), verificou-se que em uma delas os animais apresentaram alta frequência de MN, para 120.000 células analisadas foram encontrados 3.070 MN. O autor relacionou o número de eritrócitos micronucleados ao uso de agrotóxicos que chegavam até o tanque por lixiviação na água de culturas agrícolas, evidenciando ação contaminante no DNA do Tambaqui.

Bueno *et al.*, (2017) avaliando os parâmetros físicos-químicos da água e desenvolvendo teste de micronúcleos em *Oreochromis niloticus* (Tilápia do Nilo) observou a qualidade da água nas Barragens de Cocais em Patrocínio – MG. Foram avaliados material de 28 indivíduos coletados, nos períodos chuvoso e seco em 2 pontos P1 – Nascente e P2 – Represa, onde os indivíduos de P2 apresentaram maior quantidade de células micronucleadas, para 2400 células nos 2 períodos 33 MN e 26 MN, respectivamente, enquanto que P1 para 3200 células apresentou 1 e 1 MN, respectivamente. O autor correlacionou a baixa frequência em P1 às condições de área relativamente mais preservada com mata ciliar ao redor. A análise da qualidade da água mostrou parâmetros normais dentro dos estabelecidos pela CONAMA, porém a presença de um número elevado de MN em P2 evidenciou a contaminação da água por agentes genotóxicos. Os testes de MN mostraram ser relevantes para análise da qualidade da água nesse estudo, embora os parâmetros

físico-químicos estabelecidos fossem mantidos dentro da resolução da CONAMA 357/2007.

Constata-se que estudos elucidando o impacto de contaminantes nas assembleias de peixes a partir do teste do MN têm se intensificado nos últimos anos (Amorim, 2020). Del-Guercio *et al.* (2017) avaliaram o impacto do tratamento de efluentes domésticos (esgoto) em *Oreochromis niloticus* (Tilápia-do-Nilo) em esgoto tratado e esgoto bruto em duas estações do ano, seca e chuvosa, a análise da frequência de eritrócitos micronucleados, após exposição às amostras da estação chuvosa, demonstrou valores que não foram estatisticamente significativos para micronúcleos, entre quaisquer tratamentos. Já na estação seca foram observados valores estatisticamente significativos para a frequência de micronúcleos, nas comparações entre o controle e o esgoto bruto, bem como entre o esgoto bruto e o tratado. O teste propiciou a observação de várias Anormalidades Nucleares que se mostraram significativas para ambos os esgotos e para ambas as estações. Os autores relacionaram essa alta na frequência de MN no esgoto aos períodos que contemplam a seca e escassez de chuvas, a falta de diluição e concentração maior dos poluentes nesse período. A pesquisa também revelou que o tratamento do esgoto doméstico foi satisfatório na minimização da formação de MN.

Em relação ao infográfico desenvolvido aqui neste trabalho, é importante citar que referente às imagens escolhidas, é essencial considerar a contribuição dos diversos elementos visuais que os compõem, tais como formas, cores, imagens, tipografia e ilustrações. Por outro lado, a análise das interações que ocorrem entre esses componentes e a avaliação de sua relevância no processo de compreensão da informação revelam a importância atribuída à cor na construção eficaz de um infográfico, devido às suas características tanto perceptivas, relacionadas à atração visual que exerce, quanto semânticas, vinculadas à associação e significação que a cor pode conferir aos elementos presentes (Menezes; Pereira, 2017).

Na representação do ambiente aquático, por exemplo, utilizou-se um tom de azul claro. Embora a água possa apresentar-se em diversas colorações na realidade, no âmbito do imaginário social e na esfera midiática, a cor predominantemente atribuída com o propósito de representar esse elemento é o azul. Nesse sentido, é possível inferir que a cor adquire significados e valores variados, os quais estão intrinsecamente relacionados ao contexto em que é

empregada e ao conjunto cromático no qual se insere, como destacado por Quattrer e Gouveia (2008).

De acordo com Guimarães (2000, p. 12) a cor pode ser conceituada como "uma informação visual gerada por um estímulo físico, que é percebida pelos receptores visuais e posteriormente decodificada pelo cérebro". Quando consideramos sua aplicação como recurso informacional, é essencial salientar seu potencial como elemento de atração visual, pois pode desempenhar um papel fundamental na facilitação da identificação e compreensão das mensagens comunicadas.

No que concerne às configurações relacionadas à aplicação de cores, é importante notar que essas configurações neste trabalho não abordam de maneira profunda todos os aspectos ligados à percepção e significado das cores. No entanto, a compreensão dessas configurações pode ser facilitada por meio da análise das categorizações propostas por Menezes e Pereira (2017) em seu estudo. Eles examinaram como as cores desempenham um papel nos processos perceptivos e na construção de significados, identificando três categorias gerais de funções desempenhadas pelas cores no design de infográficos.

As categorias em questão incluem funções perceptivas, que têm a finalidade de harmonizar, organizar, aumentar a visibilidade e a legibilidade dos elementos visuais. A segunda categoria abrange funções indicativas, que se destinam a rotular, mensurar, hierarquizar e manter a consistência, direcionando a ordem de leitura e destacando o conteúdo de maior relevância. Por fim, a terceira categoria engloba funções representativas, que estão envolvidas na identificação e simbolização de elementos específicos (Menezes e Pereira, 2017).

Na seção destinada à ilustração didática da divisão celular, que também é um conteúdo relacionado à genética, o objetivo foi apresentar o processo de maneira didática e simplificada. Vários estudos têm evidenciado os desafios no ensino da genética, sendo isso atribuído ao fato do vocabulário na área ser amplo, complexo e específico, somando-se a este fato, existe uma dificuldade adicional na compreensão e diferenciação dos conceitos envolvidos (Salim *et al.*, 2007). Por isso, a utilização de recursos alternativos para simplificar esse processo, sendo capaz de proporcionar uma síntese de forma descomplicada, desempenha um potencial significativo para o ensino e aprendizagem, onde o infográfico torna-se um aliado

valioso diante desta finalidade, não só na divulgação científica, mas também dentro da sala de aula como subsídio do professor no ensino de genética.

A respeito do aspecto subsidiário à educação, Da Costa *et al*, (2022) ressalta que a utilização de infográficos nas aulas propicia aos alunos uma forma interativa e facilitadora do entendimento e obtenção de conhecimento. E dessa forma, consistem em ferramentas ótimas para os professores sendo capazes de aumentar o rendimento escolar dos seus alunos.

Em conformidade com o observado por Paula (2007), ressalta-se também que pesquisas realizadas em várias nações têm revelado que, apesar da capacidade de descrever sequencialmente os processos de divisão celular, a maioria das pessoas não possui uma compreensão sólida sobre como as informações genéticas são efetivamente transmitidas de uma célula para outra, sendo a sua contextualização e síntese necessária para facilitar a compreensão.

Ainda sobre os infográficos, outros benefícios foram observados por Braga (2009) na área de educação a distância, onde o uso de infográficos foi avaliado como vantajoso para o processo de aprendizagem. O pesquisador afirmou que os infográficos empregados foram capazes de aprimorar a capacidade cognitiva e incentivar a reflexão dos estudantes, uma vez que fornecem informações distintas por meio de textos e imagens interativas (Braga, 2009).

Ademais, percebe-se que a utilização de infográficos como ferramenta de ensino e aprendizagem vem interferir em um contexto de mudanças nas situações didáticas, bem como no processo de avaliação, vislumbrando uma forma de relacionar visões diferentes em um mesmo instrumento através de como são construídos e apresentados (Oliveira e Cunha, 2020).

Aspectos voltados ao baixo custo também foram analisados por Lisbôa, Junior, Coutinho (2009), já que os infográficos podem ser disponibilizados gratuitamente na internet, diversos usuários podem ter acesso a mesma obra, além de promover a interação de recursos multimídia atrelado ao ensino e aprendizado. Diante disso, fica evidente o aspecto democrático e facilitador quanto à disseminação de informações.

Reforçando o aspecto supracitado acima, Batista (2016) enfoca que a democratização da ciência aparece como uma espécie de inclusão social que busca consolidar a relação pesquisador e sociedade, diminuindo a distância existente entre o cientista e suas pesquisas diante da população. Em função disso, observa-se que os atributos da infografia são diversos, além de apresentarem benefícios educacionais, são capazes de promover a divulgação científica, possibilitando a associação e interpretação de dados científicas para o público leigo. Sendo suas características mais expressivas, a informação verbal e estética que permite alto grau de otimização das informações (Fernandes e Ziroldo, 2020).

Nesse contexto, podemos compreender o infográfico como um ótimo instrumento aliado à Divulgação Científica, uma vez que esta visa exceder os limites dos laboratórios científicos e romper o padrão de que a ciência somente é acessível para poucos privilegiados, já que é possível ter acesso aos conhecimentos científicos mediante os meios de comunicação de massa presente em nosso dia a dia (Batista, 2016).

No campo da transposição didática, podemos entender o infográfico como uma materialização da mesma, pois suas potencialidades atribuem-se na realização da conversão de objetos de conhecimento em objetos de ensino. Segundo Domingui (2008), o conhecimento científico é materializado em enunciados, leis, teorias e relatos de experiências, e difundido na comunidade científica por meio de artigos e trabalhos científicos. Essas produções são regularmente veiculadas em congressos, eventos, revistas e periódicos especializados voltados para a audiência específica dessa comunidade. Este fato representa uma barreira para a coletividade de modo geral, e em se tratando do âmbito escolar, existe a necessidade de organizar o processo de ensino e aprendizagem para que os alunos possam se apropriar desses conhecimentos.

Dessa maneira, Silva e Fredozo (2009), enfatizam que os conhecimentos científicos, ao serem elaborados, passam por processos de codificação ou transposição para se adequar à compreensão do aluno. Este fenômeno ressalta a dinâmica inerente ao espaço educacional, onde a adaptação dos saberes científicos é essencial para facilitar a aprendizagem dos estudantes.

Sendo assim, é possível visualizar que o infográfico é um ótimo aliado à prática da divulgação científica e recurso didático destacando sua significância como um instrumento valioso para a divulgação científica. Além disso, torna-se evidente sua relevância também no contexto das práticas pedagógicas, especialmente no campo do ensino de ciências nas escolas atuando efetivamente no que confere à transposição didática, operando nos conteúdos escolares elaborados para permitir sua transmissão por parte do professor e uma possível assimilação por parte do aluno.

## 5. CONCLUSÃO

Frequências de MN maiores encontradas na literatura e divergentes dos resultados apresentados neste trabalho, possivelmente são em decorrência dos ambientes escolhidos para estudo, com descobertas prévias da presença de contaminantes, quantidade superior de amostras e idade dos indivíduos coletados. O presente trabalho fornece informações inéditas a respeito das microbacias através de alterações eritrocitárias de algumas espécies presentes nas barragens pertencentes às bacias hidrográficas do São Bartolomeu presentes nos limites geográficos do IFB- Campus Planaltina, onde não foram encontradas diferenças significativas em relação a presença de MN, demonstrando que esses ambientes se encontram sem contaminação capazes de causar danos ao DNA dos eritrócitos dos peixes.

Quanto aos infográficos, esses demonstraram características cruciais voltadas para aspectos referentes à divulgação científica e práticas pedagógicas, pois fazem uma junção de informações teóricas com figuras midiáticas e esquemas, trazendo uma abordagem mais dinâmica sobre o conteúdo apresentado.

A sua combinação verbal e visual permite uma síntese de dados mais complexos e promove um efeito interpretativo. Dessa forma, fica evidente a grande necessidade de incentivar novas pesquisas direcionadas a essa temática, ressaltando a sua relevância quanto a implementação no âmbito educacional de forma geral.

## REFERÊNCIAS

- AKAISHI, F. M. **Aplicação de Biomarcadores de Contaminação Ambiental em Estudos de Laboratório e Monitoramento em Campo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- ALVES, J.; M. MORAIS, G.; Almeida. BIOMAS BRASILEIROS, CONHECER PARA PROTEGER. *In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão ENEPEX*, 12., 2020, Mato Grosso. **Anais ... Mato Grosso**, 2020.
- AQUINO, P. P. U.; COUTO, T. B. A. Pisces, Teleostei, Characiformes, Characidae, *Hasemania crenuchoides* Zarske and Géry, 1999, *Hyphessobrycon balbus* Myers, 1927 and *Oligosarcus planaltinae* Menezes and Géry, 1983: New records in Distrito Federal, Central Brazil. **Journal of species lists and distribution**. v. 6 n. 4 p. 594-595, Distrito Federal, 2010.
- BARSIENE, J.; DEDONYTE, V.; RYBAKOVAS, A.; ANDREIKENAITE, L.; ANDERSEN, K.O. Investigação de Micronúcleos e Outras Anormalidades Nucleares no Sangue Periférico e Rim de Peixes Marinhos Tratados com Petróleo Bruto. **Aquatic Toxicology**. vol. 78, p. 99 -104, Junho, 2006. DOI <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.02.022>
- BOLOGNESI, C., PERRONE, E.; ROGGIERI, P.; PAMPANIN, D. M.; SCIUTTO, A. "Assessment of Micronuclei Induction in Peripheral Erythrocytes of Fish Exposed to Xenobiotics under Controlled Conditions." **Aquatic Toxicology**, vol. 78, pp 93–98, Junho 2006. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.02.015>
- BOLOGNESI, C.; HAYASHI, M. Micronucleus assay in aquatic animals. **Mutagenesis**. v. 26, n. 1, p. 205- 213, 2011.
- BOTTENTUITT JUNIOR, J. B.; LISBOA, E. S.; COUTINHO, C. P. O INFOGRÁFICO E AS SUAS POTENCIALIDADES EDUCACIONAIS. *Quaestio - Revista de Estudos em Educação*. v. 13, n. 2, Sorocaba, 2012. Disponível em: <https://periodicos.uniso.br/quaestio/article/view/695>. Acesso em: 09 nov. 2023
- BRAGA, C. S. O Infográfico na Educação a Distância: uma contribuição para a aprendizagem. *In: 15º Congresso Internacional ABED de Educação a Distância*. 2009. p. 27-30
- BUENO, A.; P.; M.; VASCONCELOS, M. G.; FRANCISCO, C.; M.; PAVANIN, L.; A. Teste de micronúcleos em peixes e parâmetros físicoquímicos da água da represa Cocais, Minas Gerais. **Acta Brasiliensis**. v. 1, n. 3, p. 32-36, set. 2017.
- BUENO, W.C. **Jornalismo científico no Brasil: compromisso de uma prática dependente**. Tese (Doutorado em Jornalismo Científico) - Escola de Comunicações e Arte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- CAIRNS, J.; MCCORMICKS, P. V.; NIERDERLEHNER, B. R. A proposed framework for developing indicator of ecosystem health. **Hydrobiologia**, Belgium, v. 263, p. 1- 44, 1993.

CÂMARA DOS SANTOS, M. Algumas concepções sobre o ensino-aprendizagem de Matemática. **Educação Matemática em revista**. v.9, n.12, 2002.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA F. A. R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipo Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 61 n. 2. Minas Gerais, 2001.

CARDOSO, S. S. **Biomonitoramento de águas superficiais do Rio Dourados por meio de avaliação genotóxica e mutagênica em *Astyanax lacustris* (Characidae)**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biotecnologia) – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2017.

CARRASCO, K.; Tilbury, M. 1990. Myers Assessment of the piscine micronucleus test as in situ biological indicator of chemical contaminant effects Can. **J. Fish. Aquat. Sci.**, 47, pp. 2123- 2136.

CASTRO, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos (Castro, 1999) revisitada após mais de duas décadas. **Oecologia Australis**. v. 25 n. 2. p. 231-245. São Paulo, 2021.

CERIGATTO, M. P.; MEDEIROS, M. F.; SEGURADO, V. **Infografia e Educação a Distância**. Congresso Iberoamericano de Informática Educativa. Santiago, 2010. v. 1 p. 146-149, Disponível em: <http://www.ie2010.cl/posters/IE2010-138.pdf>

COSTA, M. C. R.; SOUSA, D.; S.; MENDES, F. R. S. VASCONCELOS, S. O. S.; SANTOS, H. S.; MARINHO, G. S. Elaboração e avaliação de infográficos como material didático para Educação Ambiental: Experiência formativa na Extensão Universitária. **Educação Ambiental (Brasil)**, v. 3, n. 1, p. 26-36, 2022.

DA CUNHA, A. S.; LEITE, E. B. Percepção ambiental: implicações para a educação ambiental. **Sinapse Ambiental**, p. 66-79, 2009.

DEL-GUERCIO, A. M. F.; CHRISTOFOLETTI, C. A.; FONTANETTI, C. S. Avaliação da Eficiência Do Tratamento de esgoto doméstico pelo Teste Do Micronúcleo em *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 22, n. 6, p. 1–8, São Paulo, 2017.

DOMINGUINI, L. A transposição didática como intermediadora entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar. **Revista Eletrônica de Ciências da Educação**, v. 7, n. 2, 2008.

BRASÍLIA, DF. **Lei complementar nº 630, de 29 de Julho de 2022**. Transforma a área que integra o Centro de Educação Profissional - Colégio Agrícola de Brasília, em Parque Ambiental. Brasília, DF: Câmara Legislativa do Distrito Federal, [2022]. Disponível em: [https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/52457/Lei\\_Complementar\\_630\\_29\\_07\\_2002.html](https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/52457/Lei_Complementar_630_29_07_2002.html). Acesso em 22 mar. 2023.

FENECH, M.; CHANG, W. P.; KIRSCH-VOLDERS, M.; HOLLAND, N.; BONASSI, S.; ZEIGER, E. HUMN project: detailed description of the scoring criteria for the cytokinesis block micronucleus assay using isolated human lymphocyte cultures. **Mutation research**, v. 534, n. 1-2, p. 65–75, 2003.

FERNANDES, L. ZIROLDO, B. D. O uso de infográficos de genética como recurso didático no ensino médio. **Revista Exitus**, v. 10 p. 01-24. Santarém, 2020.

FURNUS, G. N. A.; CAFETTI, J. D.; GÁRCIA, E. M.; BENÍTEZ, M. F.; PASTORI, M. C.; FENOCCHIO, A. S. Baseline Micronuclei and Nuclear Abnormalities Frequencies in Native Fishes from the Paraná River (Argentina). **Brazilian Journal of Biology**, vol. 74, n. 1, p. 217–21, 2014. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1590/1519-6984.13712>.

GALLON, M.; SILVA, J.; NASCIMENTO, S.; ROCHA FILHO, J. Feiras de Ciências uma possibilidade à divulgação e comunicação científica no contexto da educação básica, 2019 - **Revista Insignare Scientia - RIS**. v. 2, n. 4, p. 180-197, Santa Catarina, 2019.

GOES, I. C. M.; FREITAS, J. A. S.; SANTOS, J. K. M.; MACIEL, L. M. A.; PORTELA, A. Avaliação da poluição do rio Tapajós, no Município de Santarém - PA, através do teste do micronúcleo, utilizando peixes como bioindicador. **Revista Em Foco**, Fundação Esperança/IESPES, Santarém (PA), v. 1, n. 23, p. 6-16, 2016.

MORENO, S. E.; GOUVEIA, J. G.; OKUBO, B. M.; BUCCINI, D. F. Impacto da ação antrópica sobre o DNA de *Astyanax* sp. de duas áreas do Córrego Ceroula, Campo Grande - MS, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Campo Grande (MS), v. 31, p. 11-20, 2014.

GUIMARÃES, L. **A cor como informação: a construção biofísica, linguística e cultural da simbologia das cores**. Editora Annablume, São Paulo, 2000.

LIMA, J. S. **Bioindicação em ecossistemas terrestres**. 2001. Disponível em: [http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/173](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/173). Acesso em: 14 mar. 2021.

LISBÔA, E. S.; BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; COUTINHO, C. P. **O contributo do vídeo na educação online**. 2009. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/9593>. Acesso em: 10 out. 2023.

MELO, K. M., ALVES, I. R., PIECZARKA, J. C., DAVID, J. A. d. O., NAGAMACHI, C. Y., & GRISOLIA, C. K. Perfil de frequências de micronúcleos e anormalidades nucleares em diferentes espécies de peixes elétricos (Gymnotiformes) da Amazônia Oriental. **Genetics and Molecular Biology**, vl. 36, n. 3, p. 425–29, 2013. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1590/S1415-47572013005000032>.

Acesso em: 10 out. 2023.

MENEZES, H. F. PEREIRA, C. P. A. Funções da cor ma infografia: uma proposta de categorização aplicada à análise de infográficos jornalísticos. **Revista Brasileira de Design da Informação**. v. 14 n. 3 p. 321-339. São Paulo, 2017.

MODOLO, C. M. **Infográficos: características, conceitos e princípios básicos**. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE, 12., 2007, Juiz de Fora. Disponível em: <http://www.intercom.org.br/papers/regionais/sudeste2007/resumos/R0586-1.pdf>. Acesso em: 11 Dez. 2022.

NASCIMENTO, B. L. A. **Ecologia trófica de *Astyanax bimaculatus* (Linnaus, 1758) e *Psalidodon fasciatus* (Cuvier, 1819) na Bacia do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

OBIAKOR, M. O.; OKONKWO, J. C.; NNABUDE, P. C. EZEONYEJIAKU, C. D. 2012. Ecogenotoxicology: Micronucleus Assay in Fish Erythrocytes as In situ Aquatic Pollution Biomarker: a Review. **Journal of Animal Science Advances**. p. 123-133, 2012.

OLIVEIRA, K. J. V.; CUNHA, K. S. Infográficos como recurso auxiliar do processo de aprendizagem de estudantes do ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 3, p. 324-344, Ponta Grossa, 2020.

OLIVEIRA, W. H. D. ; Valdes, S. A. C. Frequência de micronúcleos em tilápias *Oreochromis niloticus* (perciformes, cichlidae) de pisciculturas no município de matutina(mg). **Revista do colmeia**, v. 1, n. 1, p. 41-50, Abril, 2019.

PAULA, S.; R. **Ensino e Aprendizagem dos processos de divisão celular no Ensino Fundamental**. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-29012008-152152/> Acesso em: 07 nov. 2023.

PINHO ALVES, J. Regras da Transposição Didática aplicada ao Laboratório Didático. **Caderno catarinense de ensino de física**, v. 17, n. 2, p. 174-188. 6. ed. Rio de Janeiro, 2001.

QUATTRER, M. GOUVEIA, A. P. S. O uso das cores em infográficos de divulgação científica. **Medicina**, v. 13, p. 02, 2008.

RODRIGUES, R. A. L.; FIGUEIREDO, J. O. DE.; SOARES, I. O.; FIGUEIREDO, M. C. R.; OLIVEIRA, L. L. R. Potenciais efeitos nocivos atribuídos a filtros solares: uma revisão de literatura. In CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR 2021, Goiás. **Anais...** Goiás, 2021.

ROMÃO, G. O.; MESQUITA, I. C. M.; ROSSI, M. S.; SILVA, R. A. B. **Catálogo Hidrográfico do Distrito Federal - Toponímias dos Cursos D'água**. Distrito Federal, 2017. Disponível em: <https://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Cat%C3%A1logo-Hidrogr%C3%A1fico-do-DF-2017.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2023.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA CPAC, 1998.

SALIM, D. C; AKIMOTO, A. K; RIBEIRO, G. B. L; PEDROSA, M. A. F.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M. N. E Oliveira, S. F. O baralho como ferramenta no ensino de genética. **Genética na escola**, n.2, v.1, p. 6-9. 2007. Disponível em:<https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/33> Acesso em: 07 nov. 2023.

SANTANA, J. C. de O. **A espermiogênese e a ultraestrutura dos espermatozoides de representantes de alguns gêneros incertae sedis em characidae, anteriormente alocados em tetragonopterinae (Teleostei: Characiformes) com ênfase em Moenkhausia, e suas aplicações filogenéticas**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2010.

SANTOS, V. T. F. **Frequência de micronúcleos em tambaquis de pisciculturas no município de Presidente Médici - RO: influência de agrotóxicos**. 2015. 51 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal de Rondônia, Rondônia.

SCHULZ, U.H.;MARTINS-JUNIOR, H. *Astyanax fasciatus* as bioindicator of water pollution of Rio dos Sinos, RS, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v.61, n.4, p.615- 22, 2001.

SENA-SOUZA, J. P.; MARTINS, E. de S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; BRAGA, A. R. dos S.; VASCONCELOS, V.; GOMES, M. P.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; REIS, A. M. **Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, escala 1:100.000**. 1º edição. Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2013.

SILVA, C. D. L. E. **Análise de Genotóxicidade e Níveis de Mercúrio em *Hoplias malabaricus* (PISCES – CHARACIFORMES) de duas áreas da Bacia do Rio Tapajós**. 2017. (Dissertação de mestrado em Biociências). Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, 2017.

SILVA, J.; ERDTMANN, B.; HENRIQUES, J. A. P. **Genética toxicológica**. p. 422, Porto Alegre, 2003.

SILVA, R.; FRENEDOZO, R. C. Mudanças e simplificações do saber científico ao saber a ensinar: uma análise da transposição didática do ciclo do nitrogênio em livros didáticos de Biologia do ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, Florianópolis, 2009.

SOUZA, S. M. R DE; SATO, S. N. A infografia como recurso de divulgação científica. **Revista Comunicare**. v. 19 n. 1 p. 28 - 43, 2019.

TARGINO, M. G.; TORRES, N. H. Comunicação Científica Além da Ciência. **Revista Ação midiática - Estudos em Comunicação, Sociedade e Cultura**. ed. 7, Curitiba, 2014. Doi: <https://dx.doi.org/10.5380/am.v1i7.36899>.

**TORREZANI, N. C. Avaliação da presença de chumbo (Pb) em espécies de peixes associada à qualidade ambiental da Bacia do Ribeirão Cambé.**

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

TERAN, G. E.; BENITEZ, M. F.; MIRANDE, J. M. Openig the Trojan horse: phylogeny of Astyanax, two new genera and resurrection of *Psalidodon* (Teleostei: Characidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, V. 190, N. 4, P. 1217-1234, 2020.

THOMÉ, R. G; DA SILVA, P. M.; DOS SANTOS, H. B. Avaliação de Genotoxicidade da Água de um Rio Urbano Utilizando Estudo de Células Sanguíneas de *Danio rerio*. **Conexão Ciência (Online)**, v. 11, n. 2, p. 9-16, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/321790421\\_Avaliacao\\_de\\_genotoxicidade\\_da\\_agua\\_de\\_um\\_rio\\_urbano\\_utilizando\\_estudo\\_de\\_celulas\\_sanguineas\\_de\\_Danio\\_rerio](https://www.researchgate.net/publication/321790421_Avaliacao_de_genotoxicidade_da_agua_de_um_rio_urbano_utilizando_estudo_de_celulas_sanguineas_de_Danio_rerio). Acesso em: 20 out. 2018.

XAVIER, J. A. GONÇALVES, B. C. A relação entre a divulgação científica e a escola. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências ARETÉ**. v.7, n.14, p.182-189, Manaus, 2014. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/135/133> acesso o 09 nov. de 2023.

UIEDA, V. S., CASTRO, R. M. C. **Coleta e fixação de peixes de riachos**. In E. P. Caramaschi, R. Mazzoni, & P. R. Peres-Neto (Eds.), *Ecologia de Peixes de Riachos* (Vol. VI, pp. 1-22). Rio de Janeiro, Brasil: Oecologia Brasiliense, 1999.

VASCONCELOS, M.G. **Avaliação Integrada da Qualidade da água do Rio Uberabinha - MG com Base na Caracterização Química dos Sedimentos e de Espécimes da Ictiofauna**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

## ANEXO A — DECLARAÇÃO DE BOLSISTA PIBIC FAP-DF 2020-2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília

### DECLARAÇÃO

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (IFB), por meio de sua Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PRPI), declara para os devidos fins que:

#### **Eduarda dos Santos de Sousa**

foi bolsista do projeto de pesquisa "Análise de micronúcleos em peixes da bacia hidrográfica do IFB Campus Planaltina", coordenado pela professora Susana Suely Rodrigues Milhomem Paixão, desenvolvido no âmbito do PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (ENSINO SUPERIOR) – PIBIC, vigência 2020/2021, selecionado para desenvolvimento por meio do Edital RIFB N°07/2020, com carga horária de 20 horas semanais durante 12 meses.

Documento assinado eletronicamente por:

- Mariana Carolina Barbosa Rego, PRO-REITOR - SUBST - PRPI, em 15/12/2021 13:09:37.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/12/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 332334

Código de Autenticação: a16579f244



**ANEXO B - DECLARAÇÃO DE BOLSISTA PIBIC FAP-DF****2022-2023**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília**

**DECLARAÇÃO**

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (IFB), por meio da Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PRPI), declara para os devidos fins que:

**Eduarda dos Santos de Sousa**

foi bolsista do projeto de pesquisa "*Avaliação dos efeitos da poluição em espécies de peixes do rio São Bartolomeu (DF) através do teste de micronúcleos*", no período de maio de 2022 a abril de 2023, coordenado pela professora Susana Suely Rodrigues Milhomem Paixão, no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC - FAP/DF, vigência 2022/2023, selecionado para desenvolvimento por meio do Edital nº 02/2022 - RIFB/IFB.

Documento assinado eletronicamente por:

■ **Giovanna Megumi Ishida Tedesco, PRO-REITOR - CD2 - PRPI**, em 19/04/2023 21:06:08.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 19/04/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 456163

Código de Autenticação: 61023db767



# Documento Digitalizado Público

## TCC da Eduarda dos Santos de Sousa

**Assunto:** TCC da Eduarda dos Santos de Sousa  
**Assinado por:** Sílvia Fernandes  
**Tipo do Documento:** Trabalho de Conclusão de Curso - TCC  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Público  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Sílvia Dias da Costa Fernandes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/12/2023 18:08:14.

Este documento foi armazenado no SUAP em 18/12/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

**Código Verificador:** 542227

**Código de Autenticação:** 451bb14475

