

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no formato de artigo e nas normas da revista
Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UM AFLUENTE DO CÓRREGO PARAGEM,
SITUADO EM ÁREA DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL,
DOURADOS - MS**

MARINA SCHIBICHEWSKI

**DOURADOS/MS
2022**

MARINA SCHIBICHEWSKI

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UM AFLUENTE DO CÓRREGO PARAGEM,
SITUADO EM ÁREA DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL,
DOURADOS - MS**

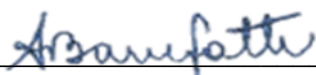
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, da Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientador: Alexeia Barufatti

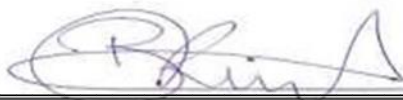
Área de Concentração: Biologia Geral

Aprovado em: 02/09/2022

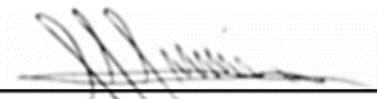
BANCA EXAMINADORA



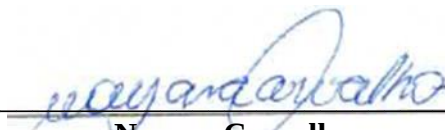
Alexeia Barufatti
Presidente



Bruno do Amaral Crispim
Membro



Joelson Gonçalves Pereira
Membro



Nayara Carvalho
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e por conduzi-la em todos os momentos.

À minha família, que mesmo longe sempre estiveram perto pelo amor, incentivo e apoio. Muito obrigada por permitirem o sonho da graduação, amo vocês.

Ao amor da minha vida, meu melhor amigo, meu parceiro! Obrigada por fazer essa trajetória mais leve e feliz ao seu lado.

À minha orientadora profa. Dra. Alexeia Barufatti, pelo suporte, correções e incentivos. Você é um exemplo de pesquisadora, me sinto lisonjeada por poder aprender um pouco do que é ciência com você.

A todos os professores que contribuíram para o meu conhecimento, em especial o prof. Dr. Bruno do Amaral Crispim, pela sua paciência e confiança. Sem você esse trabalho não seria possível.

A todos do grupo LECOGEN, por todo conhecimento compartilhado. Os dias no laboratório não seriam os mesmos sem vocês! Em especial ao eterno clube: Sabrina e Lígia. Vou sentir falta das nossas alegrias e desabafos. Muito obrigada também à Hélina, Lucilene, Nathalya e Milena, que me auxiliaram com o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus amigos que compartilharam os altos e baixos da graduação comigo: José, Raíssa Pedro e Julia. “Da faculdade pra vida”!

A todos do IMAM que auxiliaram com o acesso ao Paragem, Nayara e Ítalo, espero que o trabalho possa contribuir para a gestão do parque.

Muito obrigada ao prof. Dr. Bruno do Amaral Crispim, prof. Dr. Joelson Pereira Gonçalves e Dra. Nayara Carvalho por aceitarem participar da banca examinadora desse trabalho.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado!

Artigo 1

O artigo descrito a seguir seguiu as normas da revista *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*.

Normas da revista: https://www.springer.com/journal/128/submission-guidelines?IFA#Instructions%20for%20Authors_Text

Diagnóstico ambiental de um afluente do Córrego Paragem, situado em área de unidade de conservação de proteção integral, Dourados - MS

Marina Schibichewski¹. Alexeia Barufatti¹.

¹Laboratório de Ecotoxicologia e Genotoxicidade, Faculdade de Ciências de Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados Itahum, Km 12, Cidade Universitária, Dourados, MS CEP: 79840-970, Brasil.

✉ marina.schibichewski2@gmail.com

Resumo

O Parque Natural Municipal do Paragem (PNMP) é uma unidade de conservação de proteção integral e visa a conservação e recuperação dos ecossistemas. Entretanto, recebe direta influência antrópica que pode afetar sua vegetação e o equilíbrio da comunidade aquática. Com isso, o objetivo desse trabalho foi analisar o índice de vegetação e diagnosticar a qualidade da água de um afluente do Córrego Paragem localizado no PNMP. Assim, foram analisados Índice Foliar Verde, parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, bem como a realização de ensaios ecotoxicológicos em três níveis tróficos. Além destes, também foi avaliado efeito genotóxico da água em modelo písceo. Como resultado, foi observada baixa incidência de vegetação e a degradação da qualidade hídrica do parque, identificada pela existência de contaminação microbiana, toxicidade nos produtores primários e danos genéticos em peixes. Portanto, medidas são necessárias nessas áreas de parque para favorecer a recuperação e conservação desses recursos ambientais.

Palavras chave: Ecotoxicologia; Genotoxicidade; Índice de vegetação; Microbiologia;

Abstract

The Municipal Natural Park of Paragem (PNMP) is an integral protection conservation unit and aims at the conservation and recovery of ecosystems. However, it receives direct anthropic influence that can affect its vegetation and the balance of the aquatic community. Therefore, the objective of this work was to analyze the vegetation index and diagnose the water quality of a tributary of Córrego Paragem located in the PNMP. Thus, the Green Leaf Index, physical-chemical and microbiological parameters of the water were analyzed, as well as the performance of ecotoxicological tests at three trophic levels. In addition to these, the genotoxic effect of water in a piscine model was also evaluated. As a result, a low incidence of vegetation and degradation of water quality in the park was observed, identified by the existence of microbial contamination, toxicity in primary producers and genetic damage in fish. Therefore, measures are needed in these park areas to favor the recovery and conservation of these environmental resources.

Keywords: Ecotoxicology; Genotoxicity; Vegetation index; Microbiology;

1. Introdução

Os Parques Nacionais são unidades de conservação de proteção integral, sendo áreas formadas para fins de conservação e recuperação de ecossistemas naturais com relevância ecológica e cênica, pois permitem a execução de pesquisas científicas e programas de educação ambiental. Tais unidades são chamadas Parques Naturais Municipais quando criadas pelo município, tendo significativa importância no clima urbano, através da retenção de umidade e

redução da temperatura, além de exercer diversos serviços ecossistêmicos como absorção de carbono e manutenção da biodiversidade da fauna e flora (Brasil 2000, IMAD 2007).

Nesse sentido, o Parque Natural Municipal do Paragem (PNMP) foi criado com a finalidade de proteger e recuperar a área de fundo de vale do Córrego Paragem, sendo instituído pela Lei Municipal nº 3.009/07, de 22 de novembro de 2007 (Dourados 2007). Essa área é constituída por parte da Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica (IMAD 2007) e, tratando-se de uma área de fundo de vale, é o ponto mais baixo do terreno irregular, para onde escoam as águas pluviais. No entanto, mesmo essa área sendo protegida, não está completamente imune à atividade antrópica, pois está localizada em meio a áreas residenciais, onde materiais e resíduos sólidos podem ser descartados no seu interior. Além disso, o PNMP recebe influência indireta de uma estação de tratamento de esgoto, possuindo também ligações clandestinas de água e esgoto.

Por isso, estudos que analisam a qualidade dos recursos ambientais são necessários para identificar o estado da conservação, a fim de colaborar com informações que sirvam de subsídios para implementação de medidas que possam proteger o ecossistema e auxiliar no plano de manejo do parque. Um aspecto relevante a ser considerado é a presença de vegetação, que garante a qualidade dos corpos hídricos. A ocorrência de densas áreas verdes oferece diversos serviços ecossistêmicos, como a disposição de nutrientes e o controle de erosão e temperatura (Saklaurs et al. 2022).

Além disso, sabe-se que o PNMP abriga nascentes que alimentam o volume do Córrego Paragem, servindo como fonte hídrica para a fauna e flora local (IMAD 2007). Entretanto, o aumento de contaminantes nesses cursos d'água por atividades antrópicas pode alterar a qualidade hídrica e causar danos aos ecossistemas aquáticos. Essa alteração pode ser visualizada por mudanças de parâmetros físico-químicos da água e pela contaminação de microrganismos oriundos do metabolismo de animais de sangue quente, o que pode indicar contaminação fecal da água (Américo-Pinheiro et al. 2021).

Ao habitar ambientes contaminados, organismos em diferentes níveis tróficos podem adquirir doenças que afetam funções genéticas, fisiológicas e comportamentais, além de gerar anomalias em seus descendentes. Espécies de algas, crustáceos e peixes são exemplos de seres vivos que apresentam sensibilidade à toxicidade, mostrando-se eficientes bioindicadores ambientais (Saha 2021; Sikorski 2021; Yadav e Pandey 2018).

Destaca-se que os produtores primários são os organismos aquáticos mais afetados por contaminantes, dentre eles podemos citar as microalgas como a *Pseudokirchneriella*

subcapitata, sendo essas fundamentais para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos pelo fato de servirem de alimento para os demais níveis tróficos (Huarachi-Olivera et al. 2019). Tendo em vista que os microcrustáceos do gênero *Daphnia* se alimentam dessas microalgas, é possível considerar seu uso como bioindicador, sendo que sua mobilidade e capacidade de reprodução são afetadas na presença de contaminação. Além disso, a crônica exposição de espécies de peixes em ambientes poluídos também pode indicar danos ambientais, fornecendo dados de alterações genéticas que modificam sua qualidade de vida (Hussain et al. 2020; Viana et al. 2017).

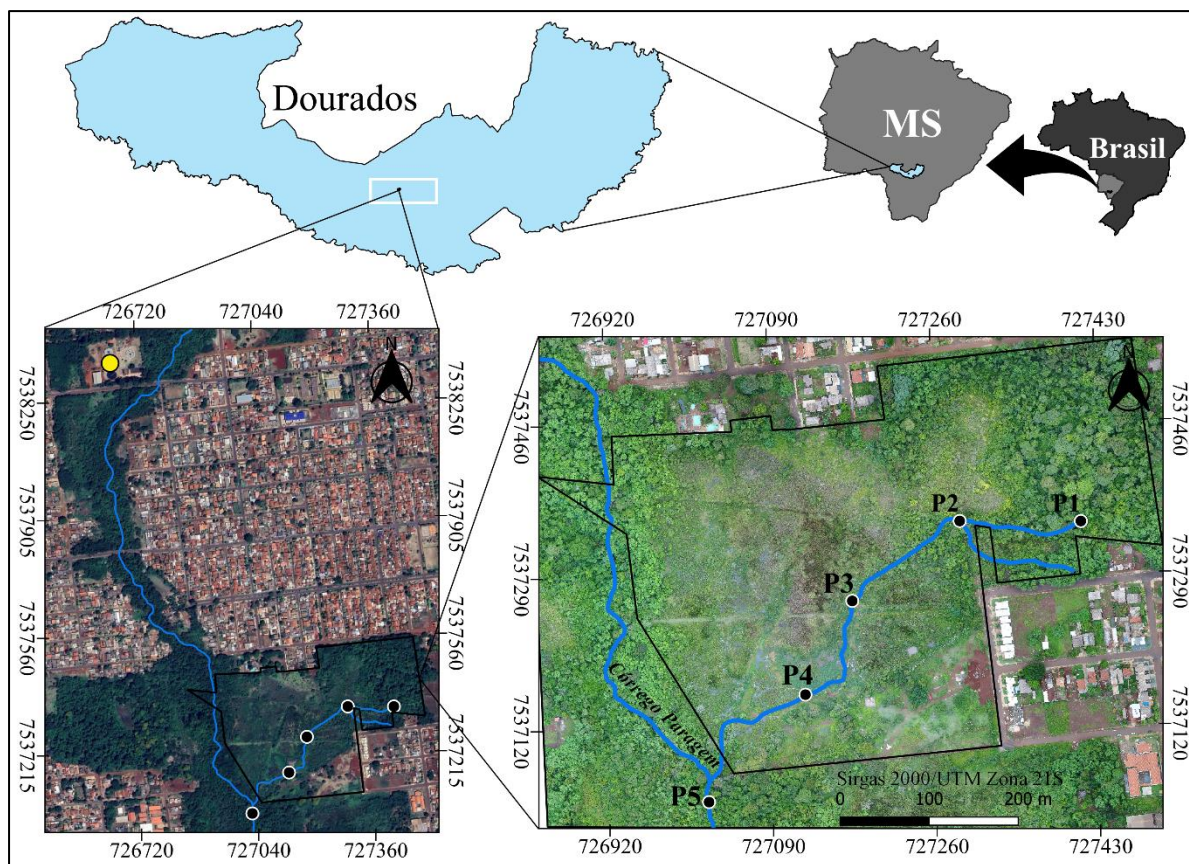
Por isso, diagnósticos são essenciais para assertiva aplicação de medidas preventivas e corretivas necessárias para garantir a qualidade da vida aquática (Pacheco et al. 2018). O diagnóstico ambiental constitui uma ferramenta que permite avaliar as características das águas superficiais e as intervenções antrópicas que atuam nessas áreas. Os resultados dessas avaliações fornecem subsídios para gestão dos recursos hídricos, auxiliando políticas públicas ambientais que garantam saúde dos recursos naturais (Pessoa et al 2018).

Nesse sentido, ensaios ecotoxicológicos e de genotoxicidade podem ser excelentes aliados no diagnóstico ambiental, pois fornecem informações valiosas de variáveis biológicas e podem determinar a existência de efeitos nocivos provenientes de alterações em parâmetros físicos, químicos ou microbiológicos em comunidades aquáticas (CONAMA 2005). Neste cenário, o objetivo desse estudo foi analisar o índice de vegetação e a qualidade da água de um afluente do Córrego Paragem localizado no Parque Natural Municipal do Paragem (unidade de conservação de proteção integral).

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Natural Municipal do Paragem (PNMP), localizado na cidade Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. A coleta foi realizada em campanha única no mês de março de 2022 em cinco pontos de um afluente do Córrego urbano Paragem, que vão desde sua nascente até a foz no Córrego Paragem (Fig 1).



Legenda

- Pontos de coleta
- Limite do Parque Natural Municipal do Paragem
- Drenagens
- Estação de tratamento de esgoto (ETE)

Fig 1. Mapa de localização da estação de tratamento de esgoto e representação dos limites do Parque Natural Municipal do Paragem – Dourados, MS, Brasil. P1 (22°15'16.1"S, 54°47'35.7"W) – Área de nascente; P2 (22°15'16.1"S, 54°47'40.1"W) - Confluência de nascentes; P3 (22°15'19.0"S, 54°47'44.0"W) – Área alagada próxima a adutora escavada; P4 (22°15'22.4"S, 54°47'45.7"W) – Área alagada; P5 (22°15'26.3"S, 54°47'49.2"W) – Córrego Paragem. Fonte: Autores.

O PNMP possui uma área total de 183.522.63 m² (Projeto de Lei nº 064/2020) e está situado no perímetro urbano do município de Dourados/MS, possuindo uma adutora de transporte de água escavada em seu limite, próxima ao P3 (Fig 1). Seu entorno é ocupado por áreas residenciais, de onde a extensão do Córrego Paragem recebe influência antrópica direta, com a presença de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) nas proximidades. O PNMP é uma unidade de conservação integral, destinado a preservar a área de fundo de vale do Córrego Paragem, que abriga vestígios da Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica (IMAD 2007).

Os pontos de coleta no parque (P1, P2, P3 e P4) e no Córrego Paragem (P5) foram determinados a partir de coordenadas geográficas no Google Earth 9.159.0.0., onde o P5 representa a confluência da água do parque com o córrego. Para a coleta da água foram utilizados frascos plásticos para seu armazenamento, conservadas em caixas térmicas com gelo e conduzidas ao Laboratório de Ecotoxicologia e Genotoxicidade (LECOGEN).

2.2 Análise de índice de vegetação GLI (*Green Leaf Index* – do inglês Índice Foliar Verde)

As imagens da área do parque foram coletadas dia 12 de abril de 2022 a partir de uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), Phantom 4 DJI, câmera RGB, controlada por piloto automático a partir de um prévio planejamento de voo. Para delimitação da área e inserção dos parâmetros dispostos no plano de voo, foi utilizado o software DroneDeploy 2.160.0, onde a altura foi configurada para 150 m. O uso deste software possibilitou gerar um ortomosaico em 2D a partir das fotografias obtidas. Com a finalidade de gerar os mapas de *GLI* (*Green Leaf Index* – do inglês Índice Foliar Verde), foi demarcada a área de estudo a partir de 10 m de raio no entorno de cada um dos pontos amostrais (P1, P2, P3, P4 e P5), bem como foi delimitada a área total do parque. As análises do GLI utilizaram-se da equação: $GLI = \frac{(2xG-R-B)}{(2xG+R+B)}$, onde G corresponde à banda verde, R à banda vermelha e B diz respeito à banda azul (Louhaichi et al. 2001). Os cálculos do GLI foram feitos utilizando o software QGIS 3.22, com a ferramenta *Raster Calculator*.

A partir do cálculo, foi estabelecido a faixa dos valores de GLI entre -1 a 0,5, onde valores negativos indicam solo e áreas sem cobertura vegetal e valores positivos representam presença de vegetação, sendo valores próximos a 0,5 áreas com vegetação densa. Desse modo, foram estabelecidas cinco classes baseadas nos valores calculados, sendo estas: saudável (GLI entre 0,3 e 0,5); moderado (entre 0,2 e 0,3); baixo (de 0,1 a 0,2); muito baixo (entre 0 e 0,1); ausente (de -1 a 0).

2.3 Diagnóstico do corpo hídrico

2.3.1 Dados físico-químicos

A mensuração dos parâmetros físico-químicos foi avaliada por meio de uma sonda multiparâmetro HI9829 Hanna®, previamente calibrada. O equipamento mensurou a temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade elétrica (µS/cm), pH e sólidos totais dissolvidos (TDS). Nos mesmos locais, também foram avaliadas a transparência e

turbidez da água, por meio do disco de Secchi e do turbidímetro AP 2000 WT - Policontrol, respectivamente.

2.3.2 Avaliação microbiológica da água

O teste de Coliformes Totais e *Escherichia coli* foi realizado pelo sistema de placas 3M™Petrifilm™, seguindo o protocolo do fabricante para as análises. As amostras de água (P1, P2, P3, P4 e P5) foram diluídas em solução salina (100 g/L) na proporção 1:10 (1 mL da água coletada em 9 mL da solução salina) até o fator de diluição 1×10^{-4} e homogeneizadas em vórtex. Foi aliquoteado 1 mL das diluições e inserido no centro do ágar da placa 3M™Petrifilm™. As placas foram incubadas em estufa bacteriológica NL 81/27 New Lab a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, realizando a identificação e contagem de coliformes totais e *E. coli* após 24 h e 48 h de incubação, respectivamente. Os resultados foram considerados a partir da diluição 10^{-1} e avaliados em UFC/100 mL, onde a coloração vermelha associada a bolhas de gás foi considerada como coliformes totais e as UFC de *E. coli* caracterizadas pela coloração azul associada a bolhas de gás.

2.3.3 Ensaios ecotoxicológicos

Ensaio de toxicidade crônica em *Pseudokirchneriella subcapitata*

A cultura de *P. subcapitata* foi mantida em laboratório com meio de cultivo Oligo conforme ABNT - NBR 12648 (2018). Os ensaios de inibição do crescimento algal seguiu as diretrizes OECD 201 (2011) e ABNT-NBR 12648 (2018). O inóculo algal (1×10^5 células/mL) foi exposto a 40 mL da água bruta provenientes dos P1, P2, P3, P4 e P5 e enriquecida com soluções do meio de cultivo Oligo. Também foi preparado o controle negativo composto por meio de cultivo. Foram realizados dois ensaios, executados em triplicata e mantidos por 72 h sob agitação contínua (160 rpm), em condições controladas de luminosidade (4500 lux) e temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). Após este período, o número de algas foi contado em Câmara de Neubauer no microscópio ótico invertido XDS-3 Alltion em um aumento de 250x, e comparado com o controle negativo (CN). A inibição de crescimento foi o indicativo de toxicidade e utilizado para determinação da Concentração de Inibição (CI50). Para validação dos ensaios o número final de células no CN foi 16 vezes maior em relação ao inóculo inicial.

Ensaio de toxicidade aguda em *Daphnia similis*

As *D. similis* foram cultivadas em meio MS, de acordo com o protocolo ABNT NBR 12713 (2016). Elas ficaram mantidas em laboratório, sob condições controladas de temperatura

a 20 ± 2 °C, fotoperíodo de 16:8 h claro/escuro e intensidade luminosa de 1.000 a 1.500 lux. Os organismos foram alimentados três vezes por semana com algas *P. subcapitata*, e os parâmetros mantidos em dureza 44 ± 4 mg/L CaCO_3 , oxigênio dissolvido 7 ± 1 mg/L, condutividade 200 ± 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH 7,0 a 7,6.

Foram executados dois ensaios para determinação da toxicidade aguda com *D. similis*, realizados de acordo com os protocolos OECD 202 (2004) e ABNTNBR 12713 (2016). Para realização do ensaio foram selecionados neonatos com 24h de idade, derivados da mesma cultura. Os neonatos ficaram expostos às amostras de água durante 48h em temperatura ($20\pm 2^\circ\text{C}$) e fotoperíodo (12:12 h claro/escuro) controlados. Como controle negativo foi utilizado meio de cultivo MS. Para cada amostra de água (P1, P2, P3, P4 e P5) foram adicionados 05 organismos, escolhidos aleatoriamente, em quatro réplicas com 10 mL em recipientes fechados e sem alimentação.

No final do ensaio foi registrada a quantidade de organismos imóveis em cada concentração testada, e calculada a porcentagem de imobilidade. Os testes foram validados quando, no seu término, a porcentagem de organismos imóveis no CN não ultrapassou 10%.

Ensaio de toxicidade aguda em *Astyanax lacustris*

Os peixes destinados aos testes foram provenientes da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (Unidade de Aquidauana) e foram previamente aclimatados por um período de 30 dias em aquários (450 L), com aeração constante, temperatura em 25 ± 2 °C, fotoperíodo de 12:12 h de luz/escuro e alimentados com ração granulada contendo 32% de proteína bruta (Douramix Nutrição Animal, Lote 100121). Neste período, os peixes foram alimentados uma vez ao dia *ad libitum*. Diariamente, foi realizada a sifonagem, para retirada de fezes e ração não consumida, e renovou-se a água do aquário.

O ensaio de toxicidade aguda utilizou adultos de *A. lacustris*, com peso médio de $5,28\pm 1,09$ g, seguindo os protocolos ABNT NBR 15088 (2016) e OECD 203 (2019). Para os ensaios de toxicidade com os peixes foram utilizados aquários de vidro com capacidade de 22 L onde foi colocada a água coletada de cada ponto (P1, P2, P3, P4 e P5) e posteriormente inseridos 10 peixes em cada um destes. Como controle negativo também foi utilizado um aquário contendo água desclorada. O teste ocorreu durante 96h, havendo a troca total da água após 48h. Durante o todo o período do ensaio os animais não foram alimentados. Os parâmetros da água referentes à temperatura ($26\pm 2^\circ\text{C}$), pH ($7,5\pm 0,2$), oxigênio dissolvido ($7,5\pm 0,5$ mg/L)

e condutividade (455 - 470 μ S/cm) foram mantidos constantes. O projeto 08/2018 foi submetido ao comitê de ética animal da UFGD.

2.3.4 Ensaio de genotoxicidade em *Astyanax lacustris*

A avaliação dos efeitos genotóxicos da água dos pontos (P1, P2, P3, P4 e P5) foi realizada com cinco adultos de *A. lacustris* utilizados para o ensaio de toxicidade. Para esse teste foram utilizados cinco animais por ponto de amostragem, e a coleta de material biológico ocorreu após as 96h de exposição. O controle negativo foi o mesmo utilizado no teste de toxicidade. O teste de micronúcleo e alterações morfológicas nucleares foi realizado no sangue coletado, seguindo o protocolo descrito por Schmid (1975) e Heddle et al. (1983) com adaptações. O sangue foi coletado da veia caudal, realizando esfregaço sanguíneo em lâminas (duplicata). Posteriormente, foi realizada a coloração das células com *Schiff e Fast Green*, sendo analisados 1000 eritrócitos por lâmina, totalizando 2000 células por peixe. A contagem dos micronúcleos e das alterações morfológicas nucleares foi executada em microscópio óptico Nikon (Eclipse, E200), no aumento de 1000x. Os índices de genotoxicidade (IG) e de mutagenicidade (IM) foram considerados de acordo com a frequência das alterações morfológicas nucleares observadas (Carrasco et al. 1990).

2.4 Análises estatísticas

A avaliação da genotoxicidade em *A. lacustris* foi realizada por meio do software R 2022.02.1, onde os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Como os dados não apresentaram distribuição normal, foram considerados não paramétricos e utilizado o teste de Kruskal-Wallis com posteriori de Dunn, para comparar o controle negativo com os pontos amostrais, ambos testes considerando um nível de significância de 0,05.

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliação do índice de vegetação

A análise de GLI nos limites do PNMP mostrou que a vegetação varia de baixa (37,09%) a moderada (30,58%), com apenas 13,38% de vegetação saudável (Fig 2), evidenciando que a área está fragmentada.

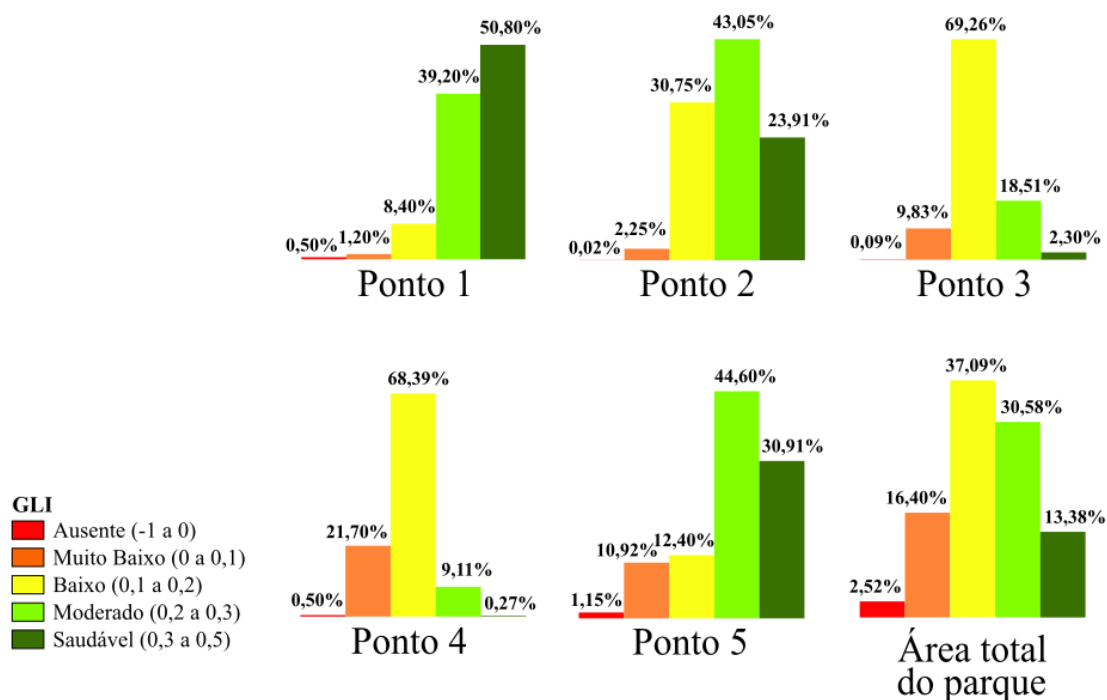


Fig 2. Gráfico representativo de GLI (*Green leaf index*) para 10 m de raio no entorno de cada um dos pontos amostrais (P1, P2, P3, P4 e P5) e área total do PNM Paragem. Fonte: Autores.

Diferentes porcentagens de vegetação foram observadas no entorno dos pontos, P1 apresentou 50,80% e 8,40% de vegetação saudável e baixa respectivamente, e P2 23,91% de vegetação saudável e 30,75% de baixo nível. Em P3 e P4 foram os pontos com menores porcentagens de vegetação saudável, sendo P3 enquadrado com 69,26% na categoria baixa e 2,30% em saudável, enquanto P4 apresentou 68,39% em nível baixo e 0,27% em saudável. O P5 possui 23,91% de sua vegetação classificada na categoria saudável e 30,75% de nível baixo (Fig. 2).

Foram encontradas maiores proporções da vegetação saudável em P1 e P5 (50,80% e 30,91% respectivamente), sendo essas áreas conhecidas por desempenhar um papel na proteção da biodiversidade e na prestação de diversos serviços ecossistêmicos (Metzger et al. 2019). Entretanto, há o predomínio da espécie invasora *Leucaena leucocephala* (Leucena) nessas áreas, podendo ser responsável por um desequilíbrio do ecossistema local.

Além disso, pode-se afirmar que a influência urbana exercida nos limites do parque vem fragmentando a cobertura vegetal, observada pela prevalência da baixa porcentagem da vegetação encontrada. Resultados semelhantes foram encontrados por Matsumoto et al. (2012) e Lunas e Ribas (2013), evidenciando os efeitos antrópicos na disposição da paisagem nos parques urbanos de Dourados: Parque Municipal Antenor Martins, Parque Municipal Arnulpho

Fioravante e Parque Natural Municipal do Paragem, ressaltando a importância de planos de conservação nesses locais degradados.

Além disso, o predomínio de Poaceae em P3 e P4 são observados pela alta porcentagem de vegetação classificada em nível baixo, evidenciando a fragmentação da vegetação nativa (Morgan e Ebsary 2020). É necessário salientar a importância da conservação da vegetação ciliar, principalmente no entorno de rios e córregos, dada a sua relevância para a preservação do ambiente aquático, atuando como filtro para impedir o escoamento de elevadas quantidades de sedimento e substâncias químicas, auxiliando no controle da exposição da radiação solar e regulação da temperatura da água (Fritzsons et al. 2005; Viana et al. 2020).

3.2 Diagnóstico do corpo hídrico

3.2.1 Parâmetros físico-químicos e microbiológicos

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), número 357 (2005), estabelece que nascentes e cursos de água doce localizados dentro de unidades de conservação de proteção integral, serão considerados como classe especial. O art. 13º prevê que “Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água”. Portanto, a fim de avaliar a qualidade da água em P1, P2, P3 e P4, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água foram comparados com a classe 1 de água doce superficial, por ser a classe mais restritiva (CONAMA 2005). O P5 foi considerado como classe 4, de acordo com estudo prévio realizado pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL 2018).

Em relação aos parâmetros físico-químicos da água, foi possível observar valores de oxigênio dissolvido em desconformidade com a legislação em P3 (5,80 mg/L) e P4 (4,35 mg/L). Os parâmetros pH, total de sólidos dissolvidos (TDS) e turbidez apresentaram valores de acordo com o CONAMA 357/2005 em todos os pontos (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água dos pontos de coleta do Córrego Paragem (P5) e seu afluente (P1, P2, P3 e P4), seguidos dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA para classes 1 e 4 de águas superficiais.

Pontos	OD	pH	Temp	Cond	TSD	Trans	Turb	Coliformes totais	<i>E. coli</i>
P1	6,40	6,46	25,45	283	142	60	1,10	2.000	0
P2	6,92	6,92	24,1	264	132	28	9,28	23.000	10.000
P3	5,80	6,69	23,0	299	148	47	6,33	14.000	0
P4	4,35	6,84	23,4	262	131	26	1,37	1.000	0
P5*	3,82	7,05	25,4	503	251	30	7,03	80.000	38.000

Classes de águas doces superficiais (CONAMA 357)

Classe 1	>6	6,0-9,0	-	-	<500	-	<40	<200
Classe 4*	>2	6,0-9,0	-	-	-	-	-	-

OD: Oxigênio Dissolvido (mg/L); Temp: Temperatura (°C); Cond: Condutividade elétrica (μS/cm); TSD: Total de Sólidos Dissolvidos (mg/L); Trans: Transparência (cm); Turb: Turbidez (UNT); Coliformes totais (24 h) e *E. coli* (48 h) expressos em UFC/100 mL. Valores em desacordo com o CONAMA 357/2005 são apresentados em negrito.

O oxigênio dissolvido é a variável que indica a capacidade do corpo de água natural em manter a vida aquática, sendo que essa baixa concentração observada sugere atividade biológica exacerbada, onde o lançamento de esgotos domésticos pode elevar essa carga orgânica (De Araújo 2013; Vieira 2019).

Também foram avaliados a temperatura, condutividade e transparência, porém não há valores de referência na resolução CONAMA 357/2005. Entretanto, foi observada uma baixa variação da temperatura ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) entre os pontos, sendo que os ecossistemas de água doce são geralmente considerados mais estáveis do que os ecossistemas terrestres em termos de mudanças de temperatura. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode resultar em um impacto significativo nos corpos hídricos. Esta variável afeta no crescimento e reprodução quando fora do limite de tolerância térmica de cada organismo aquático, podendo influenciar também em outros parâmetros da água como tensão superficial e viscosidade (ANA 2005; Bornette e Puijalon 2011).

Sabendo que águas naturais apresentam teores de condutividade elétrica entre 10 a 100 μS/cm, os valores encontrados (262 a 503 μS/cm) indicam que o ambiente está impactado, seja pela lixiviação do solo ou pela carga de esgotos domésticos ou industriais (Piratoba et al. 2017; Almeida 2019). Este parâmetro é um bom indicador de mudanças na composição da água, apesar de não indicar as quantidades relativas dos vários componentes (CETESB 2016). Corroborando com nossos resultados, a condutividade da água aumenta à medida que o total de sólidos dissolvidos são adicionados, conforme observado na Tabela 1, onde os valores elevados podem indicar um caráter corrosivo da água. A transparência é outro parâmetro relevante para a manutenção da vida aquática, indicando uma profundidade ideal de 20 a 60 cm em que a luz solar penetra na água, permitindo a atividade fotossintética. Considerando que os valores obtidos variam de 26 a 60 cm entre os pontos, a zona fótica está adequada para o desenvolvimento dos organismos (CETESB 2016; Alfakit).

Os valores de coliformes totais em P1 e P2 foram de 2.000 UFCs/100 mL e 23.000 UFCs/100 mL, respectivamente, ultrapassando o limite de 200 UFCs/100 mL para corpos de

classe 1, assim como P3(14.000) e P4 (1.000). Levando em consideração que o P2 é uma confluência entre nascentes, os valores elevados de coliformes nesse ponto podem ter influência de uma área com contato direto as residências, além de haver uma ligação clandestina de água e esgoto próxima ao local. O número de UFCs em P5 é alarmante, com 80.000 UFCs/100 mL, sendo que esse resultado pode estar relacionado a presença das águas residuárias da estação de tratamento de esgoto descartadas no Córrego Paragem.

Os coliformes podem estar presentes em águas com alto teor orgânico, como em efluentes industriais, em material vegetal ou solos em processo de decomposição, mostrando um processo contínuo de contaminação por matéria orgânica (ANA 2005; CETESB 2016). Além disso, em P2 e P5 foram encontradas altas concentrações da enterobactéria *Escherichia coli* (Tabela 2), indicando a contaminação fecal da água.

Tendo em vista a ambição dos gestores do PNMP em abri-lo para visitação, é importante ressaltar que as águas superficiais nesses pontos, se utilizadas para recreação, apresentam riscos à saúde das pessoas, pois aumentam a probabilidade de desenvolvimento de doenças gastrointestinais. A qualidade microbiana dessas águas superficiais em ambiente urbano também pode ser mais afetada em períodos de precipitação, ocorrendo o escoamento superficial, transporte de dejetos animais e carreamento de sedimentos (Frias et al. 2020; Américo-Pinheiro et al. 2021).

3.2.2 Avaliação Ecotoxicológica em *P. subcapitata*, *D. similis* e *A. lacustris*

O ensaio de toxicidade crônica em *P. subcapitata* apresentou a inibição do crescimento da biomassa algal superior a 10%, quando comparado o controle negativo com todos os pontos amostrais. No entanto, em todos os pontos não houve redução da mobilidade em *D. similis* nem mortalidade em *A. lacustris*, indicando ausência de toxicidade nesses organismos.

Em nossas condições experimentais, as algas foram mais sensíveis à toxicidade, onde vários fatores podem afetar seu desenvolvimento, principalmente fatores como luz, temperatura e disponibilidade de nutrientes (Santos et al. 2009; Benedito et al. 2019). A inibição do crescimento de *P. subcapitata* pode se dar pela presença de contaminantes oriundos de herbicidas comerciais amplamente usados na região. É importante ressaltar que o município no qual está inserido o parque possui uma economia predominantemente voltada para atividades agrícolas. Pesquisa recente aponta a contaminação da água com o uso de metolacoloro, amplamente utilizado para o controle de Poaceae (Groen, 2020; Machado e Soares 2021).

Além disso, pode estar presente nas águas amostradas substâncias químicas liberadas por outras algas e plantas podem atuar como herbicida natural, de modo a ocorrer a competição entre as espécies (DellaGreca et al. 2010). Esses aleloquímicos incluem principalmente ácidos graxos como a clorelina, liberada por *Chlorella vulgaris*, com conhecida atividade inibitória para *P. subcapitata* (Fergola et al. 2007; DellaGreca et al. 2010; Tan et al. 2019; Chaïb et al. 2021). Os danos causados a esse organismo também podem resultar em consequências para outros níveis tróficos, que ao consumir os produtores primários contaminados podem bioacumular as substâncias prejudiciais, resultando em problemas crônicos (Huarachi-Olivera et al. 2019).

3.2.3 Ensaio de genotoxicidade em *A. lacustris*

Não foi observada a ocorrência de micronúcleo em nenhum dos pontos, não sendo possível assim calcular o índice de mutagenicidade (IM). Entretanto, foram observados diferentes tipos de alterações nucleares nos eritrócitos, sendo eles: invaginação nuclear (IN), brotamento nuclear (BN), núcleo vacuolizado (NV) e célula binucleada (CB). Todas as alterações foram utilizadas para calcular o índice de genotoxicidade (IG). Não foi observado diferença significativa ($p \leq 0.05$) em nenhum dos pontos para as alterações NV e CB em comparação ao controle. O P4 não apresentou diferença estatística para nenhuma das alterações (Tabela 3).

Tabela 3. Mediana e desvio interquartilico das alterações nucleares: Invaginação Nuclear (IN), Brotamento Nuclear (BN) e do Índice de Genotoxicidade (IG) observadas em eritrócitos de *Astyanax lacustris*.

	IN	BN	IG
CN	0,05 0,01	0,02 0,05	0,10 0,01
P1	0,20 0,15*	0,15 0,05*	0,45 0,30*
P2	0,25 0,05*	0,15 0,15*	0,45 0,15*
P3	0,20 0,10*	0,05 0,05	0,25 0,10
P4	0,10 0,05	0,05 0,05	0,10 0,00
P5	0,27 0,08*	0,05 0,02	0,32 0,10*

*diferença estatisticamente significativa entre o controle negativo com cada um dos diferentes pontos ($p < 0,05$).

Em P1 e P2, as alterações IN e BN, bem como o IG, mostraram diferença estatística em relação ao controle. Em P3 e P5 apresentaram valores significativo de IN, sendo que no P5 o controle também é diferente estatisticamente de IG (Tabela 3). Embora a contaminação da água

coletada ainda não tenha atingido o nível de efeitos prejudiciais sobre a mortalidade, os resultados sugerem contaminação da água por agentes genotóxicos, sinalizando impacto ambiental. Resultados semelhantes foram encontrados em estudo feito por De Sousa et al. (2019), onde águas de nascentes, apesar de não ocasionarem letalidade, mas apresentaram alterações nucleares em *A. lacustris*. Além disso, Dos Santos et al. (2020) verificaram a presença de contaminantes químicos no Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema, uma unidade de proteção integral, deduzindo, que quando em contato direto com os peixes, pode resultar em danos ao material genético dos peixes por apresentar afinidade de ligação ao material genético. Há também estudos que relataram genotoxicidade em peixes induzida por herbicidas de diferentes grupos químicos (González et al. 2017; Gupta e Verna 2020).

A invaginação nuclear foi a alteração nuclear que apresentou os maiores valores, sendo o mecanismo exato de formação de sua anormalidade eritrocitária nuclear ainda não totalmente compreendido, sabendo apenas que há vários tipos celulares que se formam durante a fase proliferativa do ciclo celular (Braham et al. 2017, Tasneem e Yasmeen 2018). Embora a origem das anormalidades nucleares não tenha sido determinada, há estudos confirmam a hipótese de que sejam decorrentes de eventos genotóxicos (Carvalho-Neta et al. 2015). Apesar das amostras de água coletadas no parque não resultarem em toxicidade para os microcrustáceos e peixes, há contaminantes carregados possivelmente pela falta de vegetação nas áreas que margeiam os corpos hídricos que podem estar contribuindo para existência de contaminantes que promoveram os danos genéticos em eritrócitos de *A. lacustris*.

Devido à baixa incidência de vegetação encontradas no parque e da degradação da qualidade dos corpos d'água, medidas preventivas ou mesmo corretivas serão necessárias para garantir a conservação deste ambiente. Desse modo, esse trabalho poderá servir de subsídio aos responsáveis, alertando a degradação ambiental do PNMP. Ao se tratar de uma unidade de conservação de proteção integral, foi possível identificar a necessidade de melhorar a infraestrutura e intensificar a fiscalização no local, para que os impactos ambientais sejam minimizados. Projetos de educação ambiental podem ser desenvolvidos, a fim de conscientizar a população da importância de conservação do parque. Além disso, há uma necessidade de atualização do plano de manejo do parque, visando garantir a aplicação do ICMS ecológico na implementação de medidas que visem efetivar as ações previstas no plano de 2007.

4. Conclusão

Conclui-se que o Parque Natural Municipal do Paragem se encontra muito degradado, possuindo baixa densidade de cobertura vegetal, com apenas 13,38% de vegetação saudável. Além disso, a qualidade da água está prejudicada, conforme observado através da contaminação microbiana e da alteração nos valores da condutividade elétrica. A presença de contaminantes também foi visualizada através da toxicidade encontrada em organismos de base da cadeia alimentar, bem como os danos genéticos encontrados em eritrócitos de peixes, demonstrado alterações no ecossistema aquático.

Referências

- 3M Brasil Ltda (2021) Guia de Interpretação 3M™ Petrifilm™ placa para contagem de *E. coli* e coliformes. São Paulo. <http://multimedia.3m.com/mws/media/586857O/guia-interpr-petrifilm-ecoli-e-coliformes.pdf?&fn=GuiaPetrifilmColiforEcoli.pdf> . Acesso em 27 abr 2022
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016) Ecotoxicologia aquática – toxicidade aguda – método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera. NBR 12713
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016) Ecotoxicologia aquática – toxicidade aguda – método de ensaio com peixes. NBR 15088
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2018) Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). NBR 12648
- Alfakit Manual de qualidade da água para aquicultura. Florianópolis. <https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743436/Manual+Qualidade+Água+Aquicultura.pdf/674c0a9a-2844-43e2-9462-04fddd387529?version=1.0#:~:text=A%20Transparência%20é%20a%20capacidade,consegue%20chegar%20até%20o%20fundo>. Acesso em 10 ago 2022
- Almeida USD (2019) Avaliação da qualidade da água do rio Itapecuru: análise físico-química e impactos antrópicos. Monografia, Universidade Federal do Maranhão
- Américo-Pinheiro JHP, Bellatto LC, Mansano CFM, Vilar DS, Ferreira LFR, Torres NH, Bilal M, Iqbal HM (2021) Monitoring microbial contamination of antibiotic resistant *Escherichia coli* isolated from the surface water of urban park in southeastern Brazil. Environ Nanotechnol Monit Manag 15:100438. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100438>
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2005) Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil. Brasília. <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA%20DA%20QUALIDADE%20DAS%20ÁGUAS.pdf>. Acesso em 30 mai 2022
- Benedito VM, Porto PSS, Freitas, RR (2019) Modelagem do crescimento de microalgas: Um estudo bibliométrico. Res Soc Dev 8:e681511-e681511. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i1.511>
- Bornette G, Puijalon S (2011) Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. Aquat Sci 73:1-14. <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0162-7>
- Braham RP, Blazer VS, Shaw CH, Mazik PM (2017). Micronuclei and other erythrocyte nuclear abnormalities in fishes from the Great Lakes Basin, USA. Environ Mol Mutagen 58:570-581. <https://doi.org/10.1002/em.22123>

Brasil (2000) Lei nº. 9.985 de 18 de julho de 2000. SNUC: Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em 20 mai 2022

Carrasco KR, Tilbury KL, Mayers MS (1990) Assessment of the piscine micronucleus test as an in situ biological indicator of chemical contaminant effects. *Can J Fish Aquat Sci* 47:2123-2136. <https://doi.org/10.1139/f90-237>

Carvalho-Neta RNF, Sousa DBP, de Macêdo-Sobrinho IC, Horton EY, de Almeida ZS, Tchaicka L, de Sousa AL (2015) Genotoxic and hematological parameters in *Colossoma macropomum* (Pisces, Serrasalminidae) as biomarkers for environmental impact assessment in a protected area in northeastern Brazil. *Environ Sci Pollut Res* 22:15994-16003. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4748-4>

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2016) Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. São Paulo. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitário-das-Variáveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em 30 mai 2022

Chaïb S, Pistevos C, Bertrand C, Bonnard I (2021) Allelopathy and allelochemicals from microalgae: An innovative source for bio-herbicidal compounds and biocontrol research. *Algal Res* 54:102213. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102213>

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) Resolução nº 357. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 20 abr 2022

De Araújo PRF (2013) Modelagem de oxigênio dissolvido no Córrego Salobinha, Montes Claros de Goiás. Monografia, Universidade Federal de Goiás

De Sousa EL, Pereira NJ, Gomes JB, dos Santos MM, Santos DMS (2020) Ecotoxicological analyses of springs of a Brazilian Northeast Conservation Unit. *Bull Environ Contam Toxicol* 104:27-34. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02757-0>

DellaGreca M, Zarrelli A, Fergola P, Cerasuolo M, Pollio A, Pinto G (2010) Fatty acids released by *Chlorella vulgaris* and their role in interference with *Pseudokirchneriella subcapitata*: experiments and modelling. *J Chem Ecol* 36:339-349. <https://doi.org/10.1007/s10886-010-9753-y>

Dos Santos SL, Viana LF, Merey FM, Crispim BA, Solorzano JC, Barufatti A, Cardoso CAL, Lima-Junior SE (2020) Evaluation of the water quality in a conservation unit in Central-West Brazil: Metals concentrations and genotoxicity in situ. *Chemosphere* 251:126365. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126365>

Dourados (2007) nº 3.009, de 22 de novembro de 2007. Institui o Parque Natural Municipal do Paragem. Diário Oficial, Dourados. https://do.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/diario_1326_2007-11-23.pdf. Acesso em 05 abr 2022

Fergola P, Cerasuolo M, Pollio A, Pinto G, DellaGreca M (2007) Allelopathy and competition between *Chlorella vulgaris* and *Pseudokirchneriella subcapitata*: experiments and mathematical model. *Ecol Model* 208:205-214. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.05.024>

Frias DFR, Pinheiro RSB, Américo-Pinheiro JHP, Buosi ALB (2020) Variação espaço-temporal da concentração de *Escherichia coli* em águas superficiais e a saúde pública. *Revista*

Nacional de Gerenciamento de Cidades 8:77-86. <https://doi.org/10.17271/2318847286020202422>

Fritzsos E, Mantovani LE, Neto AC, Rizzi NE (2005) A Influência da floresta ciliar sobre a temperatura das águas do rio Capivari, região cárstica Curitibana. *Floresta* 35:395-407. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v35i3.5195>

González EL, Larriera A, Siroski PA, Poletta GL (2017) Micronuclei and other nuclear abnormalities on *Caiman latirostris* (Broad-snouted caiman) hatchlings after embryonic exposure to different pesticide formulations. *Ecotoxicol Environ Saf* 136:84-91. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.10.035>

GROEN - Engenharia e Meio Ambiente Ltda (2020) Plano Municipal de Saneamento Básico Dourados – MS. Dourados. <https://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/VOLUME-03-SISTEMADEABASTECIMENTODEÁGUA.pdf>. Acesso em 10 ago 2022

Gupta P, Verma SK (2020) Evaluation of genotoxicity induced by herbicide pendimethalin in fresh water fish *Clarias batrachus* (linn.) and possible role of oxidative stress in induced DNA damage. *Drug Chem Toxicol* 104:750-759. <https://doi.org/10.1080/01480545.2020.1774603>

Heddle JA, Hite M, Kirkhart B, Mavournin K, MacGregor JT, Newell GW, Salamone MF (1983) The induction of micronuclei as a measure of genotoxicity: A report of the US Environmental Protection Agency Gene-Tox Program. *Mutat Res Rev Genet Toxicol* 123:61-118. [https://doi.org/10.1016/0165-1110\(83\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0165-1110(83)90047-7)

Huarachi-Olivera R, Yapo Ú, Dueñas-Gonza A, Romero-Ugarte M, Mendoza G, Silva-Paredes W, Lazarte-Rivera A, Esparza M (2019) Ecotoxicological Bioassays with the microalga *Pseudokirchneriella subcapitata* in lotic ecosystems and impact of metals using confocal fluorescence microscopy techniques. *TIP Rev Esp Cienc Quím Biol* 22:1-14. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.175>

Hussain A, Audira G, Malhotra N, Uapipatanakul B, Chen JR, Lai YH, Huang JC, Chen KHC, Lai HT, Hsiao CD (2020) Multiple screening of pesticides toxicity in zebrafish and *Daphnia* based on locomotor activity alterations. *Biomolecules* 10:1224. <https://doi.org/10.3390/biom10091224>

IMAD- Instituto de Meio Ambiente e Desenvolvimento (2007) Plano de Manejo do Parque Natural Municipal do Paragem. Dourados. <https://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2017/06/Plano-de-Manejo-Paragem-VOLUME-1.pdf>. Acesso em 04 abr 2022

IMASUL – Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (2018) Estudos do enquadramento da bacia hidrográfica do Córrego Água Boa. Dourados. <https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/PRODUTO-FINAL-CONSOLIDACAO.pdf>. Acesso em 02 abr 2022

Louhaichi M, Borman MM, Johnson DE (2001) Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. *Geocarto Int* 16:65-70. <https://doi.org/10.1080/10106040108542184>

Lunas MCFS, Ribas LMLR (2013) Parques urbanos municipais em Dourados - MS -Brasil: estado da arte. *Redes (Rev. Des. Regional)* 18:231-245. <https://doi.org/10.17058/redes.v18i2.2572>

- Machado MD, Soares EV (2021) Exposure of the alga *Pseudokirchneriella subcapitata* to environmentally relevant concentrations of the herbicide metolachlor: Impact on the redox homeostasis. *Ecotoxicol Environ Saf* 207:111264. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111264>
- Matsumoto ML, Pereira ZV, Gonçalves JP, Sangalli A, Fernandes SSL (2012) Avaliação ambiental do parque urbano Arnulpho Fioravante para adoção de estratégias de restauração. *Boletim Paranaense de Geociências* 67:51-60. <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v67i0.19400>
- Metzger JP, Bustamante MM, Ferreira J, Fernandes GW, Librán-Embíd F, Pillar VD, Prist PR, Rodrigues RR, Vieira ICG, Overbeck GE (2019) Why Brazil needs its legal reserves. *Perspect Ecol Conserv* 17:91-103. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.07.002>
- Morgan JW, Ebsary J (2020) Shrinking opportunities for establishment of native annual forbs in fragmented grassy woodlands. *Appl Veg Sci* 23:575-585. <https://doi.org/10.1111/avsc.12506>
- OECD - Organisation for Economic Co-Operation and Development (2011) Test 201: Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test. OECD Publishing, Paris
- OECD - Organisation for Economic Co-Operation and Development (2004) Test 202: *Daphnia* sp. Acute Immobilisation Test. OECD Publishing, Paris
- OECD - Organisation for Economic Co-Operation and Development (2019) Test 203: Fish, Acute Toxicity Test. OECD Publishing, Paris
- Pacheco AA, Neves ACO, Fernandes GW (2018) Uneven conservation efforts compromise Brazil to meet the Target 11 of Convention on Biological Diversity. *Perspect Ecol Conserv* 16:43-48. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.12.001>
- Pessoa JO, Orrico SRM, Lordêlo MS (2018) Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia. *Eng Sanit Ambient* 23:687-696. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018166513>
- Piratoba ARA, Ribeiro HMC, Morales GP, Gonçalves WG (2017) Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Rev Ambient Água* 12:435-456. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>
- Saha SC (2021) A Review on Role of Aquatic Organisms As Bioindicator on Aquatic Ecosystem Due To Lead (Pb) And Cadmium (Cd) Pollution. *Eur J Mol Clin Med* 8:55-62.
- Saklaurs M, Dubra S, Liepa L, Jansone D, Jansons Ā (2022) Vegetation Affecting Water Quality in Small Streams: Case Study in Hemiboreal Forests, Latvia. *Plants* 11:1316. <https://doi.org/10.3390/plants11101316>
- Santos L, Calazans N, Marinho Y, Santos A, Nascimento R, Vasconcelos R, Dantas DMM, Gálvez A (2009) Influência do fotoperíodo no crescimento da *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae) visando produção de biodiesel. *Biomol Eng* 20:237-242.
- Schmid W (1975) The micronucleus test. *Mutation Res* 31:9-15. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(75\)90058-8](https://doi.org/10.1016/0165-1161(75)90058-8)
- Sikorski Ł (2021) Effects of Sodium Chloride on Algae and Crustaceans—The Neighbouring Links of the Water Trophic Chain. *Water* 13:2493. <https://doi.org/10.3390/w13182493>
- Tan K, Huang Z, Ji R, Qiu Y, Wang Z, Liu J (2019) A review of allelopathy on microalgae. *Microbiology* 165:587-592. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000776>

Tasneem S, Yasmeen R (2018) Induction of micronuclei and erythrocytic nuclear abnormalities in peripheral blood of fish *Cyprinus carpio* on exposure to karanjin. *Iran J Toxicol* 12:37-43. <http://dx.doi.org/10.29252/arakmu.12.2.37>

Viana LF, Suárez YR, Cardoso CAL, Crispim BDA, Grisolia AB, Lima-Junior SE (2017) Mutagenic and genotoxic effects and metal contaminations in fish of the Amambai River, Upper Paraná River, Brazil. *Environ Sci Pollut Res* 24:27104-27112. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0276-8>

Viana LF, Francisco LFV, Cardoso CAL, Solórzano JCJ, Lima-Junior SE (2020) Avaliação do índice de vegetação e da concentração de metais em sedimentos na Microbacia Tarumã, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Res Soc Dev* 9:e806974862-e806974862. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4862>

Vieira MR (2019) Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. Agência Nacional das Águas. https://www.agsolve.com.br/news_upload/file/Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Aguas.pdf

Yadav A, Pandey J (2018) The pattern of N/P/Si stoichiometry and ecological nutrient limitation in Ganga River: up-and downstream urban influences. *Appl Water Sci* 8:1-12. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0734-6>