
POTENCIAL TÓXICO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE RIO LOCALIZADO EM ÁREA DE INTENSA ATIVIDADE AGRÍCOLA
TOXIC POTENTIAL OF RIVER SURFACE WATER LOCATED IN AN AREA OF INTENSE AGRICULTURAL ACTIVITY

Ramisses Roberto Soares¹; Gabriela Gomes Lima², Carlos Filipe Camilo Cotrim³, Elisa Flávia L. Cardoso Bailão⁴; Luciane Madureira Almeida⁵



RESUMO: A irrigação na agricultura gera riquezas, empregos e movimentam cadeias produtivas. Contudo, o alto consumo de água impacta os ecossistemas aquáticos. Além do consumo, a atividade agrícola gera resíduos tóxicos que são lixiviados para os rios. Neste trabalho, foi avaliado o potencial tóxico das águas do Rio dos Patos, um rio que abastece áreas com intensa atividade agrícola, usando parâmetros físico-químicos e o teste de toxicidade com *Allium cepa* L. Foram coletadas amostras de águas superficiais em nove pontos, em duas estações climáticas. Os valores encontrados para os parâmetros físico-químicos estão em concordância com a Resolução CONAMA (357/2005). A condutividade elétrica em todas as amostras apresentou valores altos, o que pode ser indicativo de ambiente impactado. No teste de *A. cepa* foram avaliadas taxa de germinação, crescimento radicular e citotoxicidade. Os resultados obtidos mostram que as águas superficiais do Rio dos Patos não apresentaram toxicidade em nenhum destes parâmetros. Desta forma, não foi possível identificar, por meio dos testes aplicados, impactos de degradação na qualidade da água neste rio. Outros estudos que avaliem o potencial genotóxico das águas superficiais do Rio dos Patos devem ser conduzidos para melhor avaliação da segurança do consumo e uso recreativo da água deste rio.

PALAVRAS-CHAVE: ensaio *Allium cepa*; parâmetros físico-químicos; taxa de germinação.

ABSTRACT: The use of water in irrigated agriculture generates wealth, creates jobs, and supports production chains. However, high water consumption impacts aquatic ecosystems. In addition, agricultural activity generates toxic waste which is leached into the river. Here, the toxic potential of the waters of the Rio dos Patos, a river with intense agricultural activity, was evaluated using physicochemical parameters and the toxicity test using *Allium cepa* L. The samples of surface water were collected at nine points, in two seasons of the year. The values found for the physicochemical parameters are in accordance with those recommended by CONAMA Resolution (357/2005). The electrical conductivity in all samples showed high values, which may be indicative of an impacted environment. In bioassays, seed germination rate, root growth and response to vital dye were evaluated. The results obtained show that the surface waters of the Rio dos Patos did not present toxicity for any parameter evaluated. Thus, it was not possible to identify impacts of degradation on the water quality in this river. Other studies that assess the genotoxic potential of the surface waters of the Rio dos Patos should be carried out to better assess the safety of consumption and recreational use of water from this river.

KEYWORDS: *Allium cepa* assay; physicochemical parameters; germination rate.

¹Mestre em Recursos Naturais do Cerrado, Universidade Estadual de Goiás, ²Discente do curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Goiás, ³Doutorando em Recursos Naturais do Cerrado, Universidade Estadual de Goiás, ⁴Docentes da Universidade Estadual de Goiás, Laboratório de Biotecnologia, Anápolis, GO, Brasil; luciane.almeida@ueg.br

INTRODUÇÃO

As águas superficiais são aquelas que não penetram no solo, acumulam-se na superfície, escoam e dão origem a rios, riachos, lagoas e córregos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2020). Elas são uma das principais fontes de abastecimento de água potável do planeta e consequentemente são o recurso natural e econômico mais importante para atividades agrícolas e industriais (XIAO et al., 2016).

A agricultura mundial utiliza 70% do montante de toda a água consumida no planeta (FAO, 2018). Sem dúvida, o uso da água na agricultura irrigada gera riquezas, empregos e movimentada cadeias produtivas agropecuárias e agroindustriais. Contudo, o alto consumo de água desta atividade pode impactar negativamente os ecossistemas aquáticos. Além do alto consumo, a atividade agrícola gera resíduos que são lixiviados para os leitos dos rios. Esses produtos são, na sua maior parte, oriundos de insumos e defensivos agrícolas usados nas lavouras.

Os insumos agrícolas quando lixiviados para os recursos hídricos aumentam os níveis de nutrientes nas águas, gerando a eutrofização destes (ANGUIANO-CUEVASA et al., 2015). Os principais problemas causados pela eutrofização são a anaerobiose no corpo d'água, a toxicidade de algas, a mortandade da fauna e redução

da navegação (VON SPERLING, 2005). Já em relação aos defensivos agrícolas, é importante destacar que o Brasil é responsável por 20% do total de agrotóxicos consumidos no mundo, sendo considerado o maior consumidor mundial (ALBUQUERQUE et al., 2016). Os agrotóxicos (DEFARGE et al., 2018) e os insumos agrícolas, como os fertilizantes minerais (MEHMOOD et al., 2009), podem aumentar os níveis de metais pesados no solo (ALLOWAY, 2013). Os metais pesados, em particular, são uma classe de poluentes com ação mutagênica, genotóxica e citotóxica (YILDIZ et al. 2009). Um dos efeitos mais sérios da contaminação ambiental por metais pesados é a bioacumulação dos poluentes nos organismos vivos. Animais e plantas podem concentrar os metais em níveis extremamente superiores aos encontrados no ambiente, possibilitando o transporte dos contaminantes para diversos níveis da cadeia alimentar (PAPAGIANNIS et al., 2004). A contaminação por metais pesados geralmente não apresenta efeitos tóxicos imediatos nos organismos expostos, mas, a longo prazo, podem diminuir a sobrevivência dos mesmos (BÁNFALVI, 2011).

Nessa pesquisa foi escolhido um rio sob intensa atividade agrícola para avaliar o potencial tóxico que essa atividade pode causar nas águas superficiais dos rios. O Rio

dos Patos, pertencente a Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia e localizado no Estado de Goiás, é um exemplo de rio que vem sofrendo com a pressão antrópica, assim como inúmeros outros cursos d'água no Brasil. Desde a nascente até sua foz (101,36 km) as águas desse rio têm sido utilizadas tanto para abastecer propriedades rurais, quanto para irrigação de solos em extensas áreas. O agronegócio de soja e cana-de-açúcar tem recebido destaque no desenvolvimento econômico da região, sendo grande gerador de ocupação no meio rural. O objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial tóxico das águas superficiais do Rio dos Patos usando análises físico-químicas e bioensaios com a espécie indicadora *Allium cepa* L., conhecida popularmente como cebola.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e delineamento amostral

As amostras de água foram coletadas em nove pontos ao longo do Rio dos Patos, desde a nascente até foz. No total foram realizadas duas coletas no ano, uma no período quente e seco (setembro de 2019) e outra no período quente e chuvoso (fevereiro de 2019). Para cada ponto de coleta foi escolhido um ambiente lântico para obtenção da água. As amostras de água foram coletadas usando dois frascos esterilizados, um de 2 Litros (amostras usadas nos bioensaios com cebola), e outro

de 500 mL (amostras usadas para análise química de N e P). Logo após a coleta da água, os frascos foram lacrados, identificados e armazenados em gelo até a chegada no laboratório. No laboratório os frascos de 2L foram conservados em temperatura de 4 °C; e os recipientes com 500 mL foram congelados -20°C até a realização dos experimentos.

A caracterização da área de estudo foi realizada para cada ponto de coleta (Tabela 1, Figura 1). O primeiro ponto de coleta (P1), próximo à foz, apresentou mata ciliar com vegetação densa e preservada, circundada por campos de agricultura com plantação de cana-de-açúcar e área de pastagens onde prevalece a vegetação é composta de árvores de pequeno e médio porte e vegetação rasteira. O segundo ponto de coleta (P2) foi localizado em área de intenso cultivo agrícola, com plantação de soja e cana-de-açúcar. Havia mata ciliar conservada apenas no entorno do rio. O terceiro ponto de coleta (P3) foi localizado as margens da rodovia BR-080, esta área foi caracterizada por mata ciliar preservada à jusante, e no entorno extensas áreas de cultivo agrícola, destinado à plantação de cana-de-açúcar. Na quarta área de coleta (P4) está localizado ponto de captação de água para irrigação de pivôs. Nesse ponto, o rio possui mata ciliar preservada, e no entorno, extensas áreas de cultivo agrícola,

destinado à plantação de cana-de-açúcar e pivôs de irrigação de soja. Os pontos (P5), (P6) e (P7) de coleta, foram em área de plantação de cana de açúcar. Nestes pontos o rio possui mata ciliar preservada, e no entorno extensas áreas de cultivo agrícola, destinado à plantação de cana-de-açúcar. O oitavo ponto de coleta foi em um balneário (P8). Nesse ponto, o rio possui mata ciliar preservada, e no entorno extensas áreas de

cultivo agrícola, destinado à plantação de cana-de-açúcar. O nono ponto de coleta (P9) foi próximo ao Lago Azul, ponto turístico de camping. Esse ponto está localizado próximo a nascente do rio, e possui no entorno árvores de pequeno e médio porte e vegetação rasteira, parte da mata ciliar com vegetação densa e preservada.

Tabela 1. Dados dos pontos de coleta das amostras no Rio dos Patos, GO.

Pontos	Uso da terra no entorno	Latitude	Longitude
P1	Próximo à foz – Pastagens e lavouras	14°52'37,22"S	48°46'7,05"O
P2	Soja – Cana de açúcar	15°4'21,20"S	48°51'17,25"O
P3	Mata preservada	15°5'31,75"S	48°51'19,13"O
P4	Soja – Cana de açúcar	15°7'53,33"S	48°52'58,09"O
P5	Cana de açúcar	15°11'47,22"S	48°54'51,05"O
P6	Cana de açúcar	15°15'18,68"S	48°55'57,12"O
P7	Cana de açúcar	15°19'48,39"S	48°57'58,23"O
P8	Cana de açúcar	15°23'52,3"S	48°57'12,34"O
P9	Próximo à nascente - Pastagens e lavouras	15°30'39,54"S	48°57'12,81"O

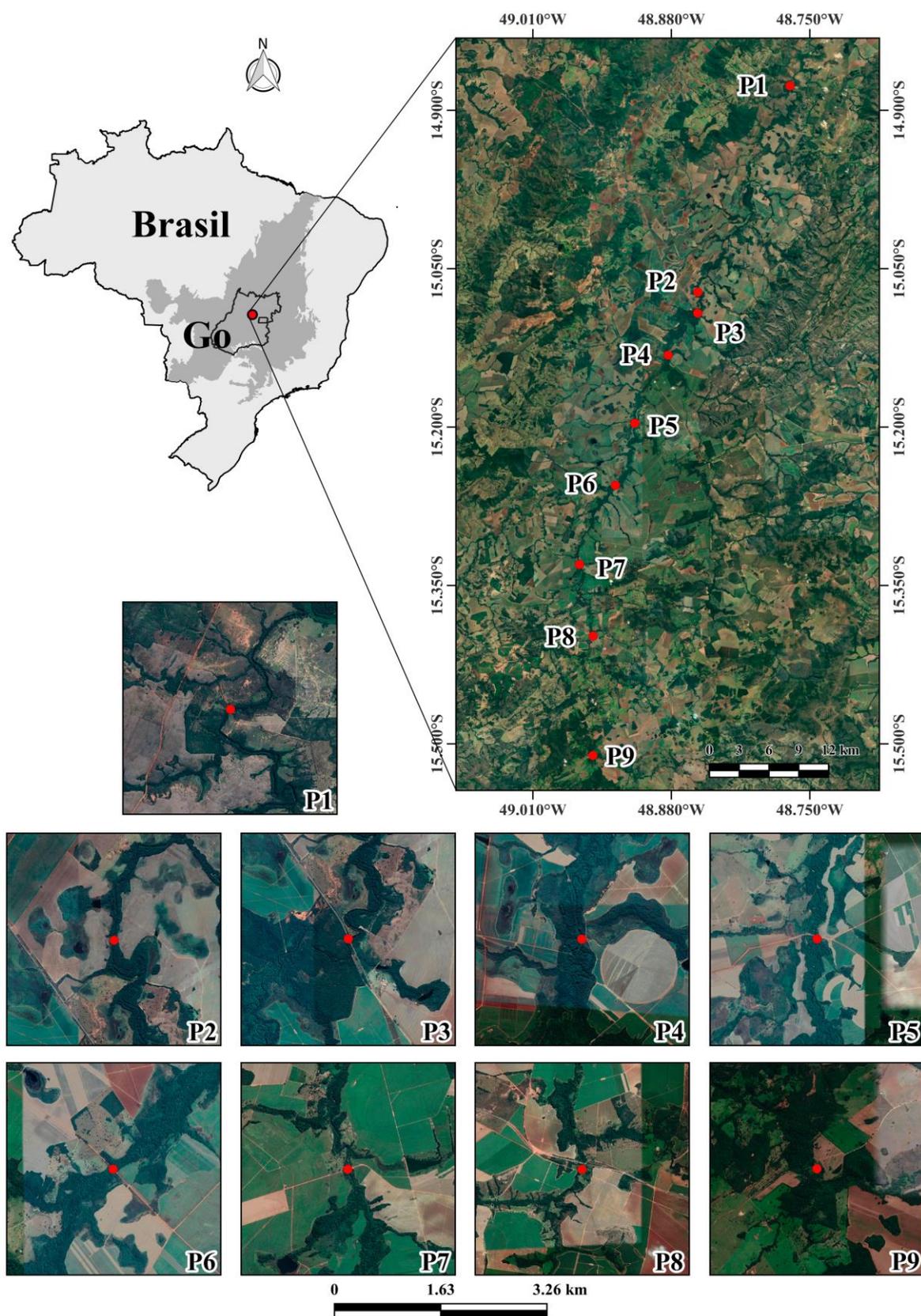


Figura 1. Diferentes fitofisionomias das margens do Rio dos Patos nos pontos selecionados para coleta P1 a P9.

Análise físico-química das amostras de água

Os parâmetros clorofila *a*, temperatura, condutividade elétrica, pH, turbidez e OD (oxigênio dissolvido) foram medidos *in situ*, utilizando sonda multiparâmetro (Eureka -Manta2). Para a análise de nutrientes foram quantificadas as taxas de nitrogênio amoniacal e fósforo reativo solúvel nas amostras de águas provenientes dos nove pontos de coleta. O nitrogênio amoniacal (N-NH₄) foi determinado pelo método de fenol hipoclorito, descrito primeiramente por Weatherburn (1967) e modificado por Solorzano (1969). Para obtenção da curva de calibração para o nitrogênio amoniacal foram utilizadas diluições seriadas de uma solução de sulfato de amônio (NH₄SO₄). A concentração de fósforo reativo solúvel foi determinada pelo método de ácido ascórbico (MURPHY; RILEY, 1962). Neste caso, a curva padrão foi obtida a partir da diluição seriada da solução de fosfato diácido de potássio (KH₂PO₄).

Avaliação do potencial tóxico utilizando a taxa de germinação e comprimento do crescimento da raiz

Para a avaliação da toxicidade das águas superficiais do Rio dos Patos, sementes comerciais de *A. cepa* foram expostas às águas superficiais dos nove pontos de coleta. Como controle negativo

foi utilizado água mineral e como controle positivo foi utilizado Azida sódica (0,1 mg/L). Para cada ponto de coleta foram avaliadas 50 sementes em triplicatas. Para execução do teste, foram higienizadas as caixas gerbox com álcool 70% e posteriormente esterilizadas com luz ultravioleta. Cada caixa gerbox continha 3 folhas de papel germiteste, as quais foram embebidas com águas do rio coletadas nos diferentes pontos. O volume utilizado foi 2,5 vezes o peso dos papéis germitestes. Após as sementes serem expostas às soluções testes, elas permaneceram em câmara de fluxo contínuo, a uma temperatura de 21 ± 1 ° C durante um período de seis dias. No sexto dia foi calculada a taxa de germinação através da porcentagem de sementes germinadas, sendo que cada grupo testado foi comparado entre si. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentavam a raiz com tamanho igual ou superior a metade do tamanho da semente. A germinabilidade (G) foi calculada usando a fórmula:

$$G = (N / A) \times 100$$

Onde N: número de sementes germinadas;
A: número total de sementes colocadas para germinar.

O crescimento da radícula também foi medido com auxílio de uma régua. O percentual de inibição do crescimento da raiz foi calculado e comparado com os

comprimentos observados nos grupos controles. Após obtenção das taxas de germinação e crescimento radicular foram calculados a média e o desvio padrão das medidas obtidas em cada ponto de coleta. Os dados obtidos seguem distribuição normal, então foi adotada análise estatística paramétrica através do teste ANOVA (nível de significância da análise de 5%) seguindo do Teste de Tukey para comparações múltiplas.

Avaliação do potencial citotóxico utilizando corante vital

A citotoxicidade foi avaliada pela resposta das células do meristema da cebola ao corante vital azul de evans (0,25% p/v). Este corante não permeia a membrana celular de células viáveis, por outro lado, a sua absorção no tecido, é indicativo de morte celular (YAMAMOTO et al., 2001). O protocolo utilizado foi o de Prajitha e Thoppil (2017). Cebolas obtidas comercialmente tiveram seus bulbos germinados em água mineral por 72 h. Os bulbos germinados foram expostos por 12h nas amostras de águas coletadas no Rio do Patos dos diferentes pontos. Água mineral estéril e Paracetamol (8 mg/ml) foram usados como controle negativo e positivo, respectivamente. Para avaliar a viabilidade celular, após a germinação em água, 10 pontas de raízes do mesmo tamanho (aproximadamente 2 cm), de cada ponto

amostral, foram excisadas de diferentes bulbos de cebola e coradas com azul de Evans (25% p/v) por 15 minutos. Subsequentemente, as raízes foram lavadas com água destilada por 30 min. As raízes foram então fotografadas para uma estimativa qualitativa da morte celular. Para uma estimativa quantitativa, 10 pontas de raízes de igual comprimento foram excisadas e embebidas com 3 ml de N, N-dimetilformamida por 1 h em temperatura ambiente. A absorbância do azul de Evans liberado foi medida a 600 nm. Após obtenção dos valores de absorbância, os grupos tratados e controles foram comparados usando uma análise de variância (ANOVA). A seguir, foi aplicado o teste de Tukey. Valores de p inferiores a 0,05 ($P < 0,05$) foram considerados estatisticamente significativos.

RESULTADOS

Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros físico-químicos são mostrados na Tabela 2. De uma forma geral, a análise de todos os parâmetros físico-químicos mostra que as águas superficiais do Rio dos Patos estão dentro dos limites estabelecidos pela lei brasileira (CONAMA, resolução número 357/2005) e, portanto, são adequadas para o consumo. Foi verificado que a temperatura aumenta, ainda que de forma não linear, da nascente para a foz. O contrário acontece com a

condutividade elétrica que teve valores crescentes da foz para a nascente, nos períodos de seca e chuva (Tabela 2). A condutividade elétrica, em geral apresentou valores elevados, acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que indica ambientes impactados

(CETESB, 2009). A turbidez apresentou diferença significativa entre as estações seca e chuvosa, contudo, os valores em ambas as estações estão dentro dos valores aceitáveis pela CONAMA.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos das águas superficiais do Rio dos Patos coletadas no período de seca (s) e chuva (c) nos nove pontos de coleta (P1 a P9).

Parâmetro	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9	
	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c	s	c
Temp (°C)	27,6	26,5	26,6	26,3	26,8	26,2	27,3	26,3	26,7	26,9	25,5	26,1	23,8	26,4	23,3	25,6	24,8	25,1
pH	8,5	7,4	8,5	7,5	8,7	7,4	8,7	7,6	8,4	7,6	8,4	7,5	8,2	7,8	8,3	7,7	7,8	7,7
Cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ⁺	260*	116*	280*	127*	275*	127*	280*	131*	292*	136*	275*	120*	295*	158*	336*	166*	406*	416*
	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,6	0,5	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Clorofila ($\mu\text{g}/\text{L}$)	7,7	7,7	7,6	7,2	9,1	6,9	8,9	6,7	8,1	6,3	7,1	6,7	6,9	7,11	7,4	7,4	6,6	6,5
O ₂ dis (mg/L)	99,7	97	96,3	90,9	115,1	86,4	115,2	84,1	103	80,8	88,0	84,4	83,2	89,7	88,4	92	81,3	79,8
O ₂ sat (%Sat)	4,6	86	4,23	72,9	2,9	69,1	4,7	63,3	5,5	36,8	4,9	47,0	2,8	27,0	3,0	18,4	0,8	0,5
Turbidez ⁺ P-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PO ₄ (mg/L)	0,07	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,01	0,09	0,01	0,04	0,01	0,04	0,00
N-NH ₄ (mg/L)																		

Valores permitidos CONAMA: temperatura 6,0-9,0; clorofila a $\leq 30 \mu\text{g}/\text{L}$; Oxigênio dissolvido $\geq 5,0$; turbidez ≤ 100 ; P-PO₄ $\leq 0,1 \text{ mg}/\text{L}$ P; N-NH₄ 3,7mg/L N, para pH $\leq 7,5$; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH $\leq 8,0$; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH $\leq 8,5$; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

* Níveis superiores a 100 mS/cm indicam ambientes impactados (CETESB, 2009).

⁺ Valores médios significativamente diferentes entre a estação seca e chuvosa

A Tabela 3 mostra os resultados de toxicidade baseados na comparação da taxa de germinação e de crescimento da raiz entre os grupos controles e as raízes expostas as águas do Rio dos Patos. Para a análise do Índice de Germinação em *A. cepa*, os resultados revelaram não haver diferenças estatísticas significativas entre as amostras de água da estação seca e chuvosa, ambas apresentaram valores estatísticos

iguais ao controle negativo. O controle positivo não teve germinação. Na análise de crescimento radicular (CR), foi possível constatar que as radículas tratadas com as amostras da estação seca, apresentaram comprimentos médios levemente superiores aos da estação chuvosa, contudo essa não são estatisticamente significativas.

Tabela 3. Taxas de germinação e crescimento da raiz de *Allium cepa* expostas as águas do Rio dos Patos e controles negativo (água mineral) e positivo (azida sódica).

Tratamento	Taxa de Germinação (%)		Taxa de Crescimento (cm)	
	Seco	Chuvoso	Seco \pm SD	Chuvoso \pm SD
P1	97 \pm 4,2 ^a	98,7 \pm 1,8 ^a	2,47 \pm 1,2 ^a	2,23 \pm 0,6 ^a
P2	99,3 \pm 0,9 ^a	100 \pm 0 ^a	3,45 \pm 1,2 ^a	2,27 \pm 0,7 ^a
P3	98,7 \pm 1,8 ^a	100 \pm 0 ^a	3,30 \pm 1,1 ^a	2,28 \pm 0,6 ^a
P4	88,7 \pm 16,1 ^a	93 \pm 2,5 ^a	2,28 \pm 1,8 ^a	2,30 \pm 0,9 ^a
P5	98,3 \pm 0,5 ^a	96,7 \pm 1,8 ^a	3,48 \pm 1,0 ^a	2,49 \pm 0,9 ^a
P6	100 \pm 0 ^a	98,7 \pm 1,8 ^a	3,19 \pm 0,7 ^a	2,47 \pm 0,9 ^a
P7	97,3 \pm 3,7 ^a	98,0 \pm 1,6 ^a	3,28 \pm 1,1 ^a	2,30 \pm 0,7 ^a
P8	99,3 \pm 0,9 ^a	95,3 \pm 0,9 ^a	3,56 \pm 1,0 ^a	2,20 \pm 0,8 ^a
P9	97,3 \pm 1,8 ^a	99,3 \pm 0,9 ^a	3,42 \pm 1,7 ^a	2,47 \pm 0,7 ^a
CN	100 \pm 0 ^a	97,6 \pm 2,0 ^a	3,16 \pm 1,0 ^a	2,30 \pm 0,8 ^a
CP	0,0 \pm 0 ^{* b}	0,0 \pm 0 ^{* b}	0,0 \pm 0 ^{* b}	0,0 \pm 0 ^{* b}

*Teste Anova (nível de significância: $p \leq 0,05$) e ^{a,b}Teste de Tukey, onde letras iguais significam que a diferença entre os grupos não foi significativa ($p > 0,05$) e letras diferentes determinam entre quais grupos houve diferença significativa ($p \leq 0,05$).

Os resultados obtidos para a estação seca e chuvosa estão representados na Figura 2. A análise qualitativa com o corante Azul de Evans sugere que as águas superficiais do Rio dos Patos nos nove pontos de coleta não causaram mortalidade às células meristemáticas da raiz de cebola. Para confirmar a análise visual, os corantes foram extraídos das raízes da cebola e quantificados em espectrofotômetro. Os

resultados quantitativos indicam que as águas superficiais do Rio dos Patos não alteram a viabilidade celular das células meristemáticas da cebola. Análise estatística realizada mostra diferença significativa no valor da absorbância apenas para o grupo controle positivo, para o corante Azul de Evans. Todas as amostras coletadas no Rio dos Patos não diferiram significativamente do controle negativo.

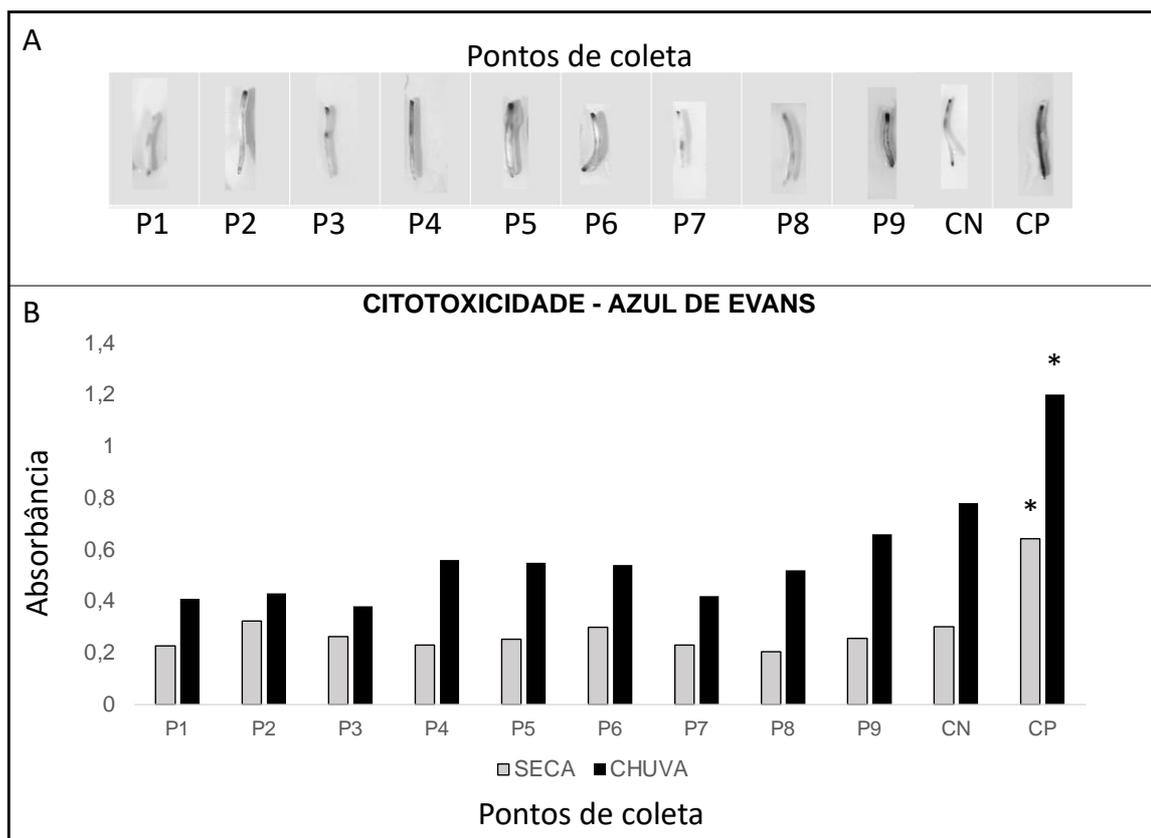


Figura 2. Análise qualitativa (A) e quantitativa (B) das raízes das cebolas coradas com Azul de Evans após a exposição as águas do Rio dos Patos nos pontos de coleta de P1 a P9. Controle negativo (CN): água mineral; Controle positivo (CP): Paracetamol (8mg/ml).

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que os parâmetros físico-químicos das águas superficiais do Rios dos Patos estão dentro dos exigidos pela resolução número 357/2005 da CONAMA e podem ser usadas para o consumo. O único indício de contaminação das águas são os altos valores obtidos para condutividade elétrica, os quais de acordo com a CETESB, deveriam estar abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Altos valores de condutividade elétrica podem ser indicativos de grande quantidade de sólidos na água (GANA et al., 2008), os quais podem ser resultantes de

resíduos e rejeitos da atividade agrícola. Maia et al (2015) observou que em locais de cultivo hortaliças, e conseqüentemente maior uso de fertilizantes, foram detectados valores de condutividade elétrica mais elevados. Isso poderia ser explicado pelo fato de que os resíduos escoados para água nestes locais possuam elementos metálicos condutores de corrente elétrica (STAFF, 1998).

Apesar da condutividade elétrica elevada e a indicação da presença de resíduos sólidos nas águas do Rio dos Patos, é importante destacar que não se pode associar diretamente quantidade de poluente

ao dano ambiental. Isso porque as análises químicas por si só não avaliam o efeito dos poluentes nos ecossistemas. Somente sistemas biológicos, ou seja, organismos ou partes deles, podem detectar os efeitos tóxicos dessas substâncias (ALMEIDA et al., 2021).

Dentre os indicadores biológicos e bioensaios ecotoxicológicos que podem ser usados para avaliar danos da exposição a xenobióticos, está o teste com *A. cepa*. O bioensaio com *A. cepa* é reconhecido pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (PNUMA) como um teste eficiente para monitoramento ambiental (BADMUS et al., 2013). As principais vantagens do uso desse bioensaio são a sua alta sensibilidade, fácil manuseio e baixo custo (SIDDIQUI et al., 2011). Além disto, este ensaio é altamente flexível e permite avaliar diferentes desfechos, dependendo do biomarcador selecionado (LEME & MARIN-MORALES, 2009). Por exemplo, a toxicidade pode ser avaliada pela taxa de germinação, pelo comprimento das raízes. A citotoxicidade pode ser avaliada pela frequência do índice mitótico e a genotoxicidade pela frequência de aberrações cromossômicas. Já a mutagenicidade pode ser avaliada pela ocorrência de micronúcleos e anormalidades nucleares (LEME & MARIN-MORALES, 2009).

Nesta pesquisa foi usado o desfecho toxicidade para avaliar o impacto da atividade agrícola na qualidade das águas superficiais do Rio dos Patos. Os resultados obtidos nessa pesquisa mostraram que para os marcadores selecionados, taxa de germinação, crescimento da raiz e resposta ao corante vital azul de Evans, as águas superficiais do Rio dos Patos, não apresentam toxicidade e nem citotoxicidade para as células meristemáticas da espécie indicadora *A. cepa*. A não detecção de toxicidade não é garantia de qualidade da água, pois há relatos na literatura de recursos hídricos no qual as águas apresentam ausência de toxidade, mas a presença de genotoxicidade (MARTINS et al., 2022; BAILÃO et al., 2020 a,b). Portanto, ainda é necessário a realização de outros testes biológicos para a determinação da qualidade da água do Rio dos Patos.

As mudanças nas práticas agrícolas e a agricultura cada vez mais intensiva aumentaram drasticamente o uso de agrotóxicos e fertilizantes nas últimas décadas (KONSTANTINO et al., 2019) e o escoamento superficial e lixiviação destas substâncias podem contaminar as águas superficiais dos rios e a percolação no solo pode levar a atingir os lençóis freáticos (ARIAS, 2007). Os principais resíduos tóxicos dos fertilizantes e defensivos agrícolas são os metais pesados. Os mais comumente encontrados são Pb, Al, Cd, Cu,

Fe, Zn, Ni, Mn e Cr (ARIAS, 2007). Os metais pesados são uma classe de poluentes com ação mutagênica, genotóxica e citotóxica (YILDIZ et al. 2009). Assim, o uso do parâmetro aberrações cromossômicas e anormalidades nucleares no bioensaio com *A. cepa* seriam mais precisos para avaliar o potencial tóxico dos resíduos de agrotóxicos no Rio dos Patos. Diferentes trabalhos da literatura mostram a eficiência do sistema *A. cepa* em detectar potencial genotóxico de defensivos agrícolas. Por exemplo, experimento com *A. cepa* mostrou que Trifluralina, um dos herbicidas mais utilizados no controle de plantas daninhas, tem efeito sobre as fibras do fuso mitótico causando mutações aneugências (FERNANDES et al., 2009). Por outro lado, a ação clastogênica de agrotóxicos pode ser observada pela alta incidência de aberrações cromossômicas e nucleares nas raízes tratadas com estes fungicidas difenoconazol e tebuconazol (BERNARDES et al., 2015).

Outro evento que deve ser levado em consideração é o potencial de deposição dos metais pesados no sedimento dos rios. Estima-se que menos de 1% das substâncias que atingem o sistema aquático são dissolvidas em água, conseqüentemente, mais de 99% são estocadas no compartimento sedimentar (MARTINS et al., 2017). Também deve-se lembrar da alta capacidade de depuração dos rios, ou seja, a

capacidade dos corpos de água restabelecerem o equilíbrio do meio aquático por meio de mecanismos naturais após as alterações provocadas pelos despejos dos efluentes. Assim, a limitação do biomarcador selecionado (apenas toxicidade e citotoxicidade), a maior deposição de resíduos no sedimento, e a alta capacidade de depuração das águas superficiais dos rios podem ser uma explicação para não detecção de agentes tóxicos nos pontos avaliados.

CONCLUSÕES

Os parâmetros físico-químicas analisados e o ensaio de toxicidade usando *A. cepa* mostraram que as águas superficiais do Rio dos Patos, rio na região de intensa atividade agrícola, estão dentro dos limites estabelecidos pela lei brasileira (CONAMA, resolução número 357/2005) e não apresentam indícios de citotoxicidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Goiás pelo apoio e infraestrutura e a Fundação de Amparo a Pesquisa de Goiás FAPEG.

REFERÊNCIAS

- ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Monitoramento Água superficial. <https://www.ana.gov.br/monitoramento/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/aguasuperficial>. Acesso 10 julho 2020.
- ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura Recursos Hídricos

- Brasil – Usos da água. 2019, 13 páginas. Acesso.
<http://conjuntura.ana.gov.br/usoagua>.
- ALBUQUERQUE, A. F.; RIBEIRO, J. S.; NOGUEIRA, A. J. A.; MONTAGNER, C. C.; UMBUZEIRO, G. A. Pesticides in Brazilian freshwaters: a critical review. **Environmental Science: Processes & Impacts**. v. 18, n. 7, p.779-787, 2016. <https://doi.org/10.1039/C6EM00268D>
- ALLOWAY, B.J. Sources of heavy metals and metalloids in soils. In: ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. Springer, Dordrecht: 2013. p. 11-50. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_2
- ALMEIDA, L. M.; BAILÃO, E. F. L. C.; CAMILO-COTRIM, C. F.; SOARES, R. R.; GARCIA, F.F.; PAULA, M. I. M.; LIMA, G. G. Conservação e monitoramento ambiental utilizando *Allium cepa* como indicadora de poluição das águas superficiais: uma revisão narrativa. In: Silvio de Almeida Júnior. (Org.). Águas e Florestas: desafios para conservação e utilização. 1ed.Guarujá: Editora Científica Digital, 2021, v. 1, p. 174-191. <https://doi.org/10.37885/210303792>
- ANGUIANO-CUEVASA, J. R.; OLIVOS-ORTIZ, A.; CERVANTES, O.; AZUZ-ADEATH, I.; RAMÍREZ-ÁLVAREZ, N.; RIVERA-RODRÍGUEZ, M.C. Evaluation of trophic state in the Palo Verde estuary (Colima, México), action to regulating agricultural activities. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. v. 15, n. 4, p. 507-522, 2015. <https://dx.doi.org/10.5894/rgci507>
- ARIAS, A. R. L.; BUS, D.F.; ALBURQUERQUE, C; INÁCIO, A.L; FREIRE, M.M; EGLER,M; MUGNAI, R; BAPTISTA, D.F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, p. 61-72, 2007.
- BADMUS, J. A.; ODUMOLA, A. O.; YEKEEN, T. A.; GBADEGESIN, A. M.; FATOKI, J. O.; GODO, M. O.; OYEBANJO, K. S.; HISS, D. Evaluation of antioxidant, antimutagenic and lipid peroxidation inhibitory activities of selected fractions of *Holarrhena floribunda* (G Don) leaves. **Acta Biochimica Polonica, Kraków**. v. 60, n. 3, p. 435-442, 2013.
- BAILÃO, E. F. L. C.; ZAGO, L. DE M. S.; SILVA, N. C.; MACHADO, K. B.; D’ABADIA, P. L.; OLIVEIRA, P. H. F. DE; NABOUT, J. C.; ALMEIDA, L. M. DE. Urban Occupation increases water toxicity of an important river in central Brazil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**. v. 9, n. 1, p. 73-86, 2020.
- BAILÃO, E. F. L. C.; SANTOS, L. A. C.; ALMEIDA, S. S.; D’ABADIA, P. L.; MORAIS, R. J.; MATOS, T. N.; CARAMORI, S. S.; ARAUJO, C. S. T.; MELO E SILVA, C; ALMEIDA, L. M. Effect of land-use pattern on the physicochemical and genotoxic properties of water in a low-order stream in Central Brazil. **Revista Ambiente & Água** [online]. v. 15, n. 3, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2486>.
- BÁNFALVI, G. Cellular effects of heavy metals. New York: Springer. p. 3-28, 2011.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA no 357, de 15 de junho de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

- CETESB. Relatório de qualidade das águas superficiais. Apêndice D: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. São Paulo, 2015.
- DEFARGE, N.; VENDÔMOIS, J. S.; SÉRALINI, G. E. Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. **Toxicology Reports**. v. 5, p. 156-163, 2018.
- FERNANDES, T.C.C.; MAZZEO, D.E.C.; MARIN-MORALES, M.A. Origin of nuclear and chromosomal alterations derived from the action of an aneugenic agent—Trifluralin herbicide. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 72, 1680–1686, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.03.014>
- FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO, FAO, 2018, acesso em 06/07/2021. <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1107498/>
- GANÁ, J. M.; ORDÓÑEZ, R.; ZAMPINI, C.; HIDALGO, M.; MEONI, S.; ISLA, M.I. Industrial effluents and surface waters genotoxicity and mutagenicity evaluation of a river of Tucuman, Argentina. **Journal of Hazardous Materials**. v. 155, n.3, p. 403–406, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.080>.
- MARTINS, L. P.; SAMPAIO, J.; GODOI, R. S.; VARGAS, K.; SILVA, F.R., BENEDUZI, A. Water quality assessment of the Demétrio stream: an affluent of the Gravataí River in the South of Brazil. **Brazilian Journal of Biology [online]**. v. 82, 2022.
- MARTINS, R. O., BRAIT, C. H. H., & SANTOS, F. F. D. Avaliação do teor de metais pesados e de parâmetros físico-químicos da água e sedimento do lago Bonsucesso, Jataí–GO, **Geoambiente Online**, 2017. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i2.9.51072>
- MEHMOOD, T.; CHAUDHRY, M. M.; TUFAIL, M.; IRFAN, N. Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. **Microchemical Journal, New York**, v. 91, n. 1, p. 94-99, 2009.
- MURPHY, J.; RILEY, J. A modified single solution method for determination of phosphate in natural Waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.
- PAPAGGIANIS, I.; KAGALOU, I.; LEONARDOS, J.; PEDRITIS, D., KALFAKAKOU, V. Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). **Environment International**. v. 30, p. 357-362, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2003.08.002>
- PRAJITHA, V.; THOPPIL, J. E. Cytotoxic and apoptotic activities of extract of *Amaranthus spinosus* L. in *Allium cepa* and human erythrocytes. **Cytotechnology**. v. 69, p. 123-133, 2017. DOI:10.1007/s10616-016-0044-5
- STAFF, H. Hidroponia 2ed. Cuiabá, SEBRAE/MT, 1998, 86 p.
- SIDDIQUI, A.H.; ALUMAD, M. Validation of plant based bioassays for the toxicity testing of Indian waters. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 179, p. 241–253, 2011.
- SOLORZANO, L. Determination of ammonia in natural Waters by the phenolhypoclorite method. **Limnol. Oceanogr.** v.14, n. 5, p. 799-801, 1969.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos Vol 1. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e

- Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. 2005, 452 p.
- WEATHERBURN, M. W. Phenol-Hypochlorite reaction for determination of Ammonia. **Analytical Chemistry**. v. 39, n. 8, 1967.
- WOLI, K. P.; NAGUMO, T.; KURAMOCHI, K.; HATANO, R. Evaluating river water quality through land use analysis and N budget approaches in livestock farming areas. **Science of The Total Environment**, v. 329, n. 1, p. 61-74, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.006>
- XIAO, R.; WANG, G.; ZHANG, Q. ZHANG, Z. Multi-scale analysis of relationship between landscape pattern and urban river water quality in different seasons. **Scientific Reports**. v. 6, p.25250, 2016. doi: 10.1038/srep25250.
- YAMAMOTO, Y.; KOBAYASHI, Y.; MATSUMOTO, H. Lipid peroxidation is an early symptom triggered by aluminium, but not primary cause of elongation inhibition in pea roots. *Plant Physiology*, v. 125, n. 1, p. 199-208, 2001.
- YILDIZ M, CİĞERCI, I. H.; KONUK, M.; FIDAN, A. F., TERZI, H. Determination of genotoxic effects of copper sulphate and cobalt chloride in *Allium cepa* root cells by chromosome aberration and comet assays. **Chemosphere**. v. 75, p. 934-938, 2009. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.01.023.