

## **AVALIAÇÃO GENOTÓXICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE NASCENTES E LAGOS DO JARDIM BOTÂNICO DE GOIÂNIA – GO**

*GENOTOXIC AND MICROBIOLOGICAL EVALUATION OF WATER FROM  
SPRINGS AND LAKES IN THE BOTANICAL GARDEN OF GOIÂNIA – GO*

**Gabriela Rodrigues de Sousa**

Universidade Federal de Goiás (UFG)  
[gabriela.rodriguesufg@gmail.com](mailto:gabriela.rodriguesufg@gmail.com)

**Mônica de Oliveira Santos**

Universidade Federal de Goiás (UFG)  
[mosbio21@gmail.com](mailto:mosbio21@gmail.com)

**Murillo de Sousa Pinto**

Faculdade Alfredo Nasser (UNIFAN)  
[murillosp13@gmail.com](mailto:murillosp13@gmail.com)

**Lorrane Rodrigues Silva**

Faculdade Alfredo Nasser (UNIFAN)  
[lorranebiomed2019@gmail.com](mailto:lorranebiomed2019@gmail.com)

**Lilian Carla Carneiro**

Universidade Federal de Goiás (UFG)  
[carlacarneirililian@gmail.com](mailto:carlacarneirililian@gmail.com)

**Aroldo Vieira de Moraes Filho**

Faculdade Alfredo Nasser (UNIFAN)  
[aroldodemoraes@gmail.com](mailto:aroldodemoraes@gmail.com)

**Resumo:** O crescimento da população mundial resulta em grandes impactos ambientais, consequentemente na qualidade da água. O estudo teve como objetivo verificar o impacto da ação antropogênica na qualidade microbiológica, citotóxica e genotóxica da água do Jardim Botânico de Goiânia, Goiás. Análise microbiológica com determinação do Número mais provável (NMP) para coliformes totais e fecais, identificação das principais cepas contaminantes através de meios seletivos, diferenciais e provas bioquímicas; investigação da citotoxicidade e genotoxicidade da água pelo teste em *Allium cepa*. As amostras de água coletadas no Jardim Botânico apresentaram contaminação por coliformes totais entre  $1,3 \times 10^3$  a  $7,4 \times 10^6$  e coliformes fecais entre  $1,6 \times 10^2$  a  $3,2 \times 10^4$ . Gêneros potencialmente patogênicos como *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Salmonella* spp. e *Pseudomonas* spp. foram identificados. As amostras de água coletadas em dois lagos, apresentaram resultados significativos para citotoxicidade e genotoxicidade no sistema de *A. cepa*. Todas as amostras avaliadas da água do Jardim Botânico, apresentaram baixa qualidade higiênico-sanitária, além de possível ação citotóxica e genotóxica em dois lagos. Esses resultados e mais a

presença de degradação ambiental, entulhos e lixo no local, sugerem impacto antropogênico significativo nesse ambiente.

**Palavras-chave:** Número mais provável. Coliformes. *Allium cepa*.

**Abstract:** World population growth results in major impacts on the environment and water consumption. The objective of this study was to verify the impact of the anthropogenic action about the microbiological, cytotoxic and genotoxic quality of the Goiânia Botanical Garden. Microbiological analysis using the Most Probable Number (MPN) method for total and fecal coliforms, identification of the main contaminating strains through selective means, differential and biochemical tests; investigation of cytotoxicity and water genotoxicity by the *Allium cepa* test. The water samples collected in the Botanic Garden, presented contamination by total coliforms between  $1.3 \times 10^3$  to  $7.4 \times 10^6$  and fecal coliforms between  $1.6 \times 10^2$  and  $3.2 \times 10^4$ . Potentially pathogenic genera such as *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Salmonella* spp. and *Pseudomonas* spp., were identified. The water samples collected in two lakes presented significant results for cytotoxicity and genotoxicity for the *A. cepa* system. All the samples evaluated from the Botanic Garden water, presented low hygienic-sanitary quality, besides possible cytotoxic and genotoxic action in two lakes. These results plus the presence of environmental degradation, debris and litter at the site suggest a significant anthropogenic impact in this environment.

**Keywords:** Most Probable Number. Coliforms. *Allium cepa*.

## INTRODUÇÃO

A urbanização tem crescido nas últimas décadas devido às facilidades, benefícios e maior oferta de trabalho nos grandes centros (US-UNDESA, 2011), o que provoca superlotação populacional e, conseqüentemente, acarreta vários riscos ambientais e à saúde, entre eles, a contaminação das águas tanto superficialmente quanto de forma subterrânea, portanto ocasiona degradação do ecossistema e poluição do solo, além da formação de gases de efeito estufa por decomposição anaeróbica de resíduos (JUDD et al. 2002, FREUDENBERG, 2000).

Aproximadamente 55% da população mundial vive em áreas urbanas, uma proporção que deverá aumentar para 68% até 2050. No século 20 a população urbana aumentou de 220 milhões para 2,9 bilhões, em 2050 espera-se outro aumento de 3,4 bilhões (US-UNDESA, 2011; US-UNDESA, 2018). O crescimento de centros urbanos trouxe muitos benefícios como maior escolaridade, lazer, saúde, tecnologia, oferta e consumo de bens e serviços. No entanto, acarretou diversas formas de degradação do meio ambiente (US-UNDESA, 2018).

A urbanização interfere de forma mais agressiva e rápida no ecossistema local e produz modificações que podem ser de difícil controle e reversão (US-UNDESA, 2018). As cidades produzem aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos a cada ano,

em 2025 o número deve ultrapassar 2,2 bilhões de toneladas, portanto, pode aumentar mais que o dobro para países em desenvolvimento (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012). Estudos comprovaram que áreas urbanas associadas à elevada densidade populacional têm maior influência na distribuição de nutrientes inorgânicos, o que causa impacto negativo sobre qualidade da água na bacia (CERQUEIRA et al. 2020).

Os centros urbanos planejados que buscam a sustentabilidade tem apresentado bons exemplos de reciclagem e manejo do lixo, recuperação e manutenção de áreas verdes, rios e suas nascentes. No entanto, esses centros urbanos são exceções e quase inexistentes em países em desenvolvimento (US-UNDESA, 2018). No Brasil nota-se um despertar para essa necessidade, mas, na prática muito pouco tem sido feito para implementar práticas sustentáveis de urbanização e de recuperação de áreas já degradadas.

Este artigo tem o objetivo de avaliar a qualidade da água das nascentes e lagos do Jardim Botânico localizado no estado de Goiás por meio de técnicas microbiológicas e teste *Allium cepa*, a fim de comprovar a influência antropogênica no local.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área da coleta*

O Jardim Botânico foi criado em 1978 e desde então sua área total de 1 milhão m<sup>2</sup>, tem sido degradada. Após 1979 com o início dos loteamentos próximos, invasões e após sua fragmentação pela construção da avenida Terceira Radial, cerca de 10 mil m<sup>2</sup> a 40 mil m<sup>2</sup>, foram retirados da área do parque, pela ocupação irregular (PREFEITURA DE GOIÂNIA, 2013). A coleta da água para o estudo foi realizada nas duas nascentes e nos três lagos encontrados dentro do Jardim Botânico em 2017 (GOOGLE EARTH, 2018) (Figura 1). A área do parque não é cercada e portanto, deixa livre o acesso de pessoas e animais domésticos ao local.

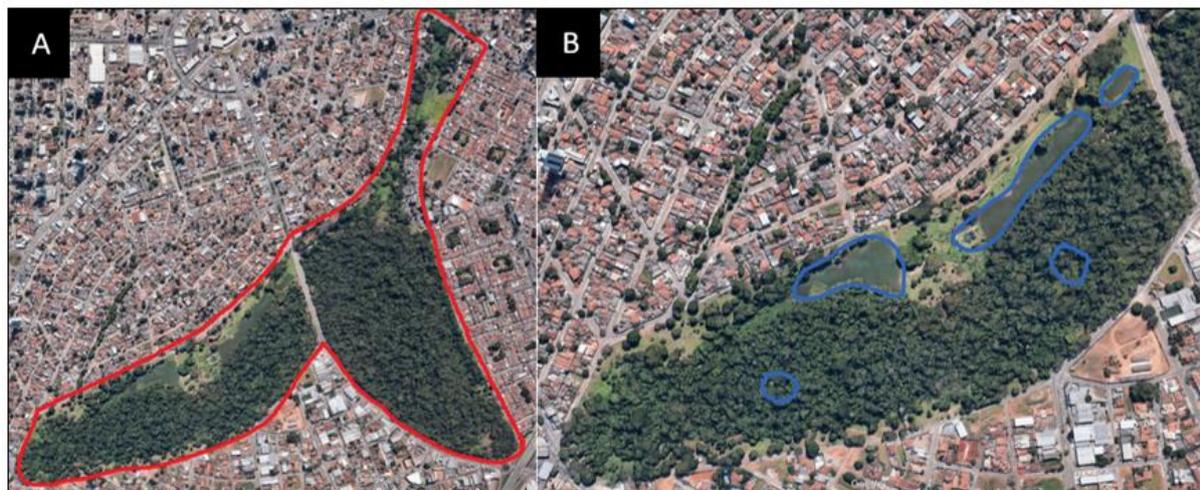


Figura 1: Visualização da área total do Jardim Botânico de Goiânia no ano de 2017. Em vermelho (A) a demarcação da área total e em azul (B) a identificação dos locais de coleta de água para o estudo. Fonte: Google Earth®. Adaptado pelo autor. 2018.

### ***Amostragem***

Foram coletadas duas amostras de 100 mL de água em cada um dos lagos e também nas duas nascentes encontradas. A quantidade de água disponível nas nascentes e lagos pode ser influenciada pela presença de lixiviação na região, portanto, para melhor avaliação, foi realizada a coleta e análise microbiológica em dois períodos distintos de 2017, um em período chuvoso (outubro a dezembro) e outra no período seco (junho a agosto), pois o período chuvoso tende a levar mais lixo e matéria orgânica para os rios.

### ***Análise microbiológica***

Para analisar a possível contaminação bacteriana nas amostras de água coletadas do Jardim Botânico no ano de 2017, foi realizada a técnica de tubos múltiplos para determinar e quantificar o “número mais provável” (NMP) de bactérias do grupo coliformes no mesmo ano. Todas as análises de água foram realizadas em triplicatas e com controle negativo, no controle negativo foi utilizado água destilada conforme o protocolo e orientações da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA - MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013) e em conformidade com as Portarias n. 518/2004 e n. 2914/2011 do Ministério da Saúde e normas internacionais da Associação Americana de Saúde Pública (APHA), Associação Americana de Obras de Água (AWWA) e Fórum Econômico Mundial (WEF) (BRASIL, 2004; BRASIL, 2011; RICE et al. 2012).

Para identificação bacteriana, foram preparados tubos e placas com meios seletivos e diferenciais (Verde Brilhante®, EC® (*Escherichia coli*), MacConkey®, SS® (*Salmonella-Shiguella*), Rugai/IAL®) para repicagem das amostras pelo método de esgotamento em placa, testes bioquímicos (Fermentação da glicose; Fermentação da sacarose; Desaminação do L-triptofano; Produção de indol; Produção de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S); Hidrólise da uréia; Descarboxilação da lisina, Oxidase), produção de gás, motilidade, observação macroscópica da colônia e microscópica após coloração de gram, conforme protocolo disponibilizado pelo Ministério da Saúde em 2013 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

### **Análise citotóxica e genotóxica**

#### *Teste com Allium cepa*

Unidades de *A. cepa* com boa aparência e mesmo tamanho, foram adquiridas no mercado. O parênquima da coroa do botão foi retirado para aumentar a absorção e a uniformidade do crescimento das raízes, posteriormente foi exposto à limpeza com água corrente por cerca de 20 minutos, em seguida, foram colocadas nos béqueres em contato com a água destilada (controle negativo), com água e Paracetamol® (controle positivo) ou em contato com as amostras de água coletadas no Jardim Botânico. O experimento foi incubado em temperatura ambiente (24°-28°C) em local escuro para menor interferência ou degradação provocada pela luz, por sete dias. As amostras foram coradas, esmagadas e observadas em microscopia óptica em objetiva de aumento de 100x, conforme protocolo ajustado previamente (SOUSA et al. 2017).

### **Análise estatística**

Todos os dados obtidos nos experimentos foram submetidos ao teste ANOVA, com nível de significância  $\alpha = 0,05$  e o teste de *Tukey*, por meio do pacote estatístico GrafPad Prism 5.0®.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de alterações cromossômicas serve como teste de genotoxicidade, é um dos poucos métodos diretos para mensurar danos em sistemas expostos a mutagênicos ou carcinogênicos potenciais, encontrados no ambiente naturalmente ou como contaminantes. Para possibilitar a avaliação dos efeitos ou danos que agentes mutagênicos podem causar, faz-se necessário que a amostra esteja em constante divisão mitótica, para identificar os efeitos tóxicos e alterações ocorridas ao longo de um ciclo celular, e o teste de *A. cepa* tem sido amplamente empregado com esse propósito (SILVA; ERDTMANN; HENRIQUES, 2003). O índice mitótico é usado como indicador de proliferação adequada das células (GADANO et al. 2002; TEDESCO et al. 2012; OLIVEIRA, 2017).

No Brasil observa-se uma grande quantidade de água superficial ofertada por córregos, rios e lagos, essa abundância causa uma falsa sensação de recurso inesgotável, porém, os níveis de água nos reservatórios para abastecimento dos grandes centros tem diminuído ano após ano (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018). Um dos grandes problemas atuais é a degradação de nascentes de córregos e rios nos ambientes rurais e sobretudo urbano. A medida que os centros urbanos aumentam, sua necessidade de abastecimento de água também aumenta (FITZHUGH; RICHTER, 2004; JENERETTE; LARSEN, 2006).

O sistema de abastecimento de água é por muitas vezes complexo, pois extrai águas superficiais e subterrâneas (JENERETTE; LARSEN, 2006; PADOWSKI; JAWITZ, 2012). Aproximadamente 80% das cidades e meios urbanizados faz utilização de águas superficiais que podem ser facilmente poluídas (MCDONALD et al. 2014). Interações na rede pública decorrentes de doenças causadas pela falta de saneamento básico e água contaminada custaram 100 milhões de reais ao Sistema Único de Saúde (SUS) em 2017 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018).

Os resultados das análises microbiológicas da água coletada do Jardim Botânico podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e coliformes fecais/100 mL presentes na água do Jardim Botânico, 2017/2018.

<b>PERÍODO DE COLETA</b>	<b>LOCAL DE COLETA</b>	<b>COLIFORMES TOTAIS/100 ML*</b>	<b>COLIFORMES FECAIS/100 ML*</b>
<b>CHUVOSO</b>	Nascente 1	1,7 x 10 <sup>3</sup>	3,1 x 10 <sup>2</sup>
	Nascente 2	1,9 x 10 <sup>3</sup>	4,4 x 10 <sup>2</sup>

<b>(OUTUBRO A DEZEMBRO)</b>	Lago 1	6,3 x 10 <sup>3</sup>	3,2 x 10 <sup>4</sup>
	Lago 2	<b>7,4 x 10<sup>6</sup></b>	4,2 x 10 <sup>3</sup>
	Lago 3	4,2 x 10 <sup>4</sup>	3,1 x 10 <sup>3</sup>
<b>SECO</b>	Nascente 1	1,3 x 10 <sup>3</sup>	1,6 x 10 <sup>2</sup>
	Nascente 2	1,6 x 10 <sup>3</sup>	4,7 x 10 <sup>2</sup>
<b>(JUNHO A AGOSTO)</b>	Lago 1	4,1 x 10 <sup>3</sup>	4,1 x 10 <sup>3</sup>
	Lago 2	<b>4,5 x 10<sup>4</sup></b>	2,1 x 10 <sup>2</sup>
	Lago 3	2,6 x 10 <sup>3</sup>	2,1 x 10 <sup>3</sup>

\*Valores obtidos após cálculo do índice de NMP em 5 tubos para cada diluição (1:1; 1:10 e 1:100), conforme tabela disponível no Manual de Análise da Água, distribuído pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2004; RICE et al. 2012). Em negrito observa-se amostras cuja quantidade de bactérias aumentou significativamente com relação ao período da coleta.

Fonte: Próprio autor, 2017.

A presença de coliformes totais na água indica a contaminação das nascentes e dos lagos por matéria orgânica, o que é considerado natural em áreas verdes (SCHUROFF et al. 2014). No entanto, a quantidade de coliformes e sua “qualidade” precisa ser avaliada, pois a área do Jardim Botânico onde estão as nascentes e lagos permitem a entrada livre de pessoas e de animais domésticos, o que aumenta a erosão e a presença de entulho diversos, muitos insetos e lixo próximos às nascentes e lagos (Figura 2A e 2B).



Figura 2: A- Entulho e B-Lixo encontrados na área do Jardim Botânico.  
Fonte: Próprio autor 2017.

A quantidade de coliformes na água coletada do Jardim Botânico é considerada alta e preocupante visto que pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, a qual define os padrões tolerados de microrganismos para águas providas de nascentes, poços e minas que não receberam nenhum tratamento antes de serem consumidas, é “tolerada” a presença de

coliformes totais, desde que estejam ausentes os fecais/termotolerantes (BRASIL, 2004). De acordo com o padrão exigido pelas Portarias nº 518/2004 e nº 2.914/2011 (BRASIL, 2004; BRASIL, 2011), pode-se afirmar que todas as amostras de água do Jardim Botânico apresentaram contaminação por coliformes totais e fecais acima dos padrões estabelecidos (Tabela 1) e, portanto, apresentam baixa qualidade higiênico-sanitária.

Todas as amostras de água coletadas no período chuvoso (outubro a dezembro) apresentaram maior quantidade de bactérias (Tabela 1). A contaminação do Lago 2 apresentou aumento significativo quando comparado estatisticamente nos dois períodos de coleta, esse fato pode ter ocorrido devido ao maior transporte de material orgânico pela chuva, maior exposição das margens e maior interferência humana no local.

Colônias bacterianas foram isoladas para identificação macroscópica, microscópica e pelos meios seletivos diferenciais e em seguida pelos testes bioquímicos. As bactérias identificadas foram organizadas conforme o local de origem da amostra de água testada (Tabela 2).

Tabela 2: Identificação bacteriana presente em amostras de água do Jardim Botânico, 2017/2018

<b>LOCAL DA AMOSTRA</b>	<b>BACTÉRIAS IDENTIFICADAS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA</b>
<b>NASCENTE 1</b>	<i>Enterobacter</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Citrobacter</i> spp., <i>Klebsiella</i> spp., <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Serratia</i> spp., <i>Aeromonas</i> spp.
<b>NASCENTE 2</b>	<i>Enterobacter</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Citrobacter</i> spp., <i>Klebsiella</i> spp., <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Providencia rettgeri</i> , <i>Serratia</i> spp., <i>Aeromonas</i> spp.
<b>LAGO 1</b>	<i>Enterobacter</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Citrobacter</i> spp., <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Klebsiella</i> spp., <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Hafnia alvei</i> , <i>Serratia liquefaciens</i> , <i>Serratia</i> spp., <i>Providencia rettgeri</i> .
<b>LAGO 2</b>	<i>Enterobacter</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Citrobacter</i> spp., <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Klebsiella</i> spp., <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Hafnia alvei</i> , <i>Serratia</i> spp., <i>Serratia liquefaciens</i> , <i>Providencia rettgeri</i> , <i>Providencia</i> spp.
<b>LAGO 3</b>	<i>Enterobacter</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Citrobacter</i> spp., <i>Citrobacter diversus</i> , <i>Enterobacter</i> spp., <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Klebsiella</i> spp., <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Enterococcus</i> spp., <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas</i> spp.,

*Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Hafnia alvei*, *Serratia* spp., *Serratia liquefaciens*, *Providencia rettgeri*.

Fonte: Próprio autor, 2018.

Alguns gêneros identificados nas amostras de água do Jardim Botânico são potencialmente patogênicos como: *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Salmonella* spp. e *Pseudomonas* spp. Esse resultado é muito preocupante, pois, as águas das nascentes e dos lagos estudados no Jardim Botânico formam a bacia hidrográfica do córrego Botafogo que tem três afluentes: os córregos Sumidouro, Areião e Capim Puba e vários quilômetros depois desagua no Rio Meia Ponte, que abastece a população de Goiânia (ROMERO; FORMIGA; MARCUZZO, 2017). A presença de coliformes fecais (termotolerantes) pode contaminar plantas (hortaliças) e milhares de pessoas e animais que dessa água façam o consumo sem o devido tratamento para torná-la potável.

Além de infecções intestinais, os coliformes podem estar envolvidos em diversas outras patologias mais complexas e com vários modos de transmissão como: meningites, intoxicações alimentares, infecções urinárias e pneumonias, inclusive as adquiridas no ambiente hospitalar (nosocomiais). Outros gêneros encontrados nas amostras testadas como *Enterobacter* spp., *Serratia* spp. e *Citrobacter* spp., constituem a microbiota intestinal do homem, assim como a de outros animais de sangue quente, porém, vivem na água e no solo alimentam-se de matéria orgânica própria desses ambientes e são caracterizados como coliformes totais (KONEMAN et al. 2001).

Para verificar se poluentes apresentavam possível efeito citotóxico e genotóxico, amostras da água do Jardim Botânico foram coletadas e testadas com células *A. cepa*. Todos os experimentos foram realizados com soluções adequadas, novas e submetidas às mesmas condições de temperatura, pH, luminosidade e tempo, portanto, as análises da proliferação celular e de divisão celular foram expressas em média/desvio padrão e analisadas estatisticamente.

A citotoxicidade foi verificada pela análise do Índice Mitótico (IM), por meio da verificação das variáveis: número de células em mitose, número de células em intérfase e o respectivo IM para cada amostra. Para o cálculo do IM foi utilizada a fórmula:

$$IM = \frac{\text{Número de células em mitose}}{\text{Número de células observadas}} \times 100 \quad (1)$$

Substâncias químicas podem causar danos às estruturas cromossômicas relacionados à exposição do DNA diretamente com o agente mutagênico, ou devido a defeitos intracelulares durante a replicação, recombinação ou mecanismo de reparo do DNA (GADANO et al. 2002; TEDESCO et al. 2012). Para verificar o número de células com cromossomos alterados e analisar a genotoxicidade dos poluentes da água do Jardim Botânico foi utilizada a fórmula:

$$NCA = \frac{\text{Número de células alteradas}}{\text{Número de células observadas}} \times 100 \quad (2)$$

A avaliação do efeito citotóxico de poluentes presentes na água do Jardim Botânico é possível através da análise do IM nas células meristemáticas de *A. cepa*. Este índice é considerado um dado importante para identificar poluentes citotóxicos presentes no ambiente (RADIC et al. 2010).

O equilíbrio do crescimento de células meristemáticas de *A. cepa* é observado no controle negativo e a partir dos resultados das amostras de água testadas é possível calcular variações no IM e através de cálculos estatísticos perceber alterações significativas nas células. O IM representa a capacidade proliferativa da célula e portanto, se for menor do que o controle, significa que o crescimento e desenvolvimento do organismo exposto àquele ambiente pode ser modificado pelos poluentes presentes na água. Se o IM apresenta valores maiores do que os do controle significa que ocorre uma proliferação descontrolada das células, que podem resultar na formação de tumores (FACHINETTO et al. 2007; CARITÁ; MARIN-MORALES, 2008).

Nos experimentos do presente estudo observou-se que a média do crescimento radicular de *A. cepa* de todas as amostras, independente do período de coleta foram inferiores ao obtido para controle negativo, porém, somente os valores das amostras para o Lago 2 e Lago 3 foram estatisticamente significativos (Tabela 3).

Concluí-se que o período de coleta da água analisada (seco ou chuvoso) não influenciou no crescimento nem divisão celular de *A. cepa*. Os cálculos para IM e número de células alteradas nas amostras do Lago 2 e Lago 3 foram estatisticamente significativos quando comparados ao controle e de acordo com a literatura, a redução do IM e aumento de células alteradas pode acontecer em razão da ação de substâncias químicas que podem provocar inibição da síntese do DNA, sua quebra ou a um bloqueio da Fase G2 do ciclo celular, o que impede que a célula entre em mitose, portanto, indica citotoxicidade presente na

amostra como demonstrado por outros autores (TÜRKOĞLU, 2008; LUCIO NETO, 2011; CUCHIARA; BORGES; BOBROWSKI, 2012).

Tabela 3: Dados obtidos do crescimento e análise de raízes de *A. cepa* na presença de amostras de água coletadas no Jardim Botânico em 2017/2018.

Local da Amostra	Crescimento radicular/cm <sup>a</sup>		Índice Mitótico (IM) <sup>b</sup>		Número de Células Alteradas <sup>b</sup>	
	Período de coleta					
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Nascente 1	8,1±0,26	7,3±0,69	24,9	31,7	125	111
Nascente 2	7,1±1,74	7,4±2,13	31,8	26,6	172	166
Lago 1	5,8±2,23	5,3±2,01	21,76	24,4	163	182
Lago 2	3,2±1,43	2,9±2,35 <sup>c</sup>	16,78 <sup>c</sup>	18,3 <sup>c</sup>	296 <sup>c</sup>	316 <sup>c</sup>
Lago 3	2,9±1,11	3,6±1,09 <sup>c</sup>	13,54 <sup>c</sup>	11,45 <sup>c</sup>	282 <sup>c</sup>	294 <sup>c</sup>
Controle positivo	2,1±2,29	3,2±1,45	8,76	9,3	304	341
Controle negativo	8,6±2,12	7,9±0,39	28,88	32,41	52	61

<sup>a</sup> Média do comprimento das raízes e desvio padrão. <sup>b</sup> Análise a partir da observação de 5000 células para cada amostra. <sup>c</sup> Valores estatisticamente significativos quando comparados com o controle.

Fonte: Próprio autor, 2018.

Os dados apresentados na pesquisa de Cerqueira et al. (2020) na Bacia do Rio Cachoeira, revelam a necessidade de recuperação e preservação dos rios e córregos. O desmatamento do ecossistema e o derramamento de resíduos domésticos e industriais nos rios estão entre os principais fatores antropogênicos que interferem na qualidade da água nos rios da Bacia estudada. Este estudo corrobora com os resultados desta pesquisa, resultados preocupantes quanto a qualidade microbiológica, citotóxica e genotóxica da água do Jardim Botânico, que segundo as Portarias nº 518/2004 e nº 2.914/2011, as amostras apresentaram contaminação por coliformes fecais acima dos padrões tolerados e algumas amostras de água apresentaram citotoxicidade e genotoxicidade estatisticamente significativas para o sistema de *A. cepa*.

## CONCLUSÃO

Os parques são fundamentais para o equilíbrio do ecossistema seja no ambiente rural ou urbano. É de suma importância estudar esses ambientes e promover ações que viabilizem fatores como, ocupação ordenada, crescimento urbano, conservação, educação ambiental e bem-estar para todos os seres vivos. A conscientização da população é uma ação que deve ser rotineira e natural pois, qualquer desequilíbrio ambiental é em algum momento prejudicial à saúde coletiva. Os efeitos que a urbanização acarreta nos rios e lagos são uma preocupação, já que o crescimento populacional urbano possui como tendência continuar se elevando ao longo dos anos.

A diminuição da qualidade da água é uma consequência da urbanização e expansão econômica nos países em desenvolvimento, que pode ocasionar doenças associadas ao consumo de água contaminada, por isso, é um risco a saúde pública.

Os resultados mostram a importância de elucidar medidas de ações de controle e conservação que devem ser implementadas, para que a qualidade da água das nascentes e lagos do Jardim Botânico possa ser reestabelecida.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 de dezembro de 2011, Seção 1: 43-9.

BRASIL. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 de março de 2004, Seção 1: 266-70.

CARITÁ, R; MARIN-MORALES, M., A. Induction of chromosome aberrations in the Allium cepa test system caused by the exposure of seeds to industrial effluents contaminated with azo dyes. *Chemosphere*, 2008, 72.5: 722-725.

CERQUEIRA, T., C., et al. Effects of urbanization on water quality in a watershed in northeastern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2020, 192.1: 1-17.

CUCHIARA, C., C; BORGES, C., S; BOBROWSKI, V., L. Sistema teste de Allium cepa como bioindicador da citogenotoxicidade de cursos d'água. *Tecnologia Ciência Agropecuária*, 2012, 6.1: 33-38.

FACHINETTO, J., M., et al. Efeito anti-proliferativo das infusões de Achyrocline satureioides DC (Asteraceae) sobre o ciclo celular de Allium cepa. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 2007, 17.1: 49-54.

FITZHUGH, T., W.; RICHTER, B., D. Quenching urban thirst: growing cities and their impacts on freshwater ecosystems. *BioScience*, 2004, 54.8: 741-754.

FREUDENBERG, N. Time for a national agenda to improve the health of urban populations. *American Journal of Public Health*, 2000, 90.6: 837.

GADANO, A., et al. In vitro genotoxic evaluation of the medicinal plant Chenopodium ambrosioides L. *Journal of Ethnopharmacology*, 2002, 81.1: 11-16.

Google Earth. [Jardim Botânico, Goiânia - GO]. 2018. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/search/Jardim+Botanico,+Goi%C3%A2nia++GO/@-16.723875,-49.2531936,827.3179439a,1006.72256046d,35y,0h,0t,0r/data=CnwaUhJKCiUweDkzNWVmMGYxZDI0M2U3ZmY6MHhiMzc3NTAyYmFINGE5NzU4GVpkO99PuTDAITvH26VooEjAKg9KYYXJkaW0gQm90YW5pY28YAiaBKAIiJgokCZFsZPkQITVAEZBsZPkQITXAGaBFAIm-S5AIfAieTpS5VXA>>. Acesso em: 11 set 2018.

HOORNWEG, D; BHADA-TATA, P. What a waste: a global review of solid waste management. *The World Bank*, 2012.

JENERETTE, G. D., LARSEN, L. A global perspective on changing sustainable urban water supplies. *Global and planetary Change*, 2006, 50.3-4: 202-211.

JUDD, F., K., et al. High prevalence disorders in urban and rural communities. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 2002, 36.1: 104-113.

KONEMAN, E., W., et al. Diagnóstico microbiológico. 5a edição, São Paulo, Medsi Ed. Médica e Científica Ltda, 420, 2001.

LUCIO NETO, M. P. **Avaliação Tóxica, Citotóxica, Genotóxica e Mutagênica do Composto 3-(2-cloro-6-fluorobenzil)-imidazolidina-2, 4-diona em Células Eucarióticas. Teresina (PI): Universidade Federal do Piauí, Departamento de Farmácia, 2011.**

MCDONALD, R., I., et al. Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change*, 2014, 27: 96-105.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR), Fundação Nacional de Saúde. **Manual técnico de análise de água para consumo humano.** Brasília (DF); 2013. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf)>. Acesso em 28 de maio de 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR). **Informações de Saúde (TABNET)**. Brasília (DF); 2013. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>. Acesso em 28 de setembro de 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (BR). **Indicadores Ambientais Nacionais: Sistema de Acompanhamento de Reservatórios e boletins de monitoramento**. Brasília (DF); 2017. Disponível em: <<http://dados.mma.gov.br/dataset/indicadores>>. Acesso em 11 de setembro de 2018.

OLIVEIRA, V., P., C., et al. Evaluation of the Mutagenic Potential of Glucocorticoids by Allium cepa. *Res J Mutagen*. 2017,1-7.

PADOWSKI, J., C.; JAWITZ, J., W. Water availability and vulnerability of 225 large cities in the United States. *Water Resources Research*, 2012, 48.12.

PREFEITURA DE GOIÂNIA, Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Goiás/CAU. **Relatório 5: Jardim Botânico. Goiânia**: Prefeitura de Goiânia, 2013. Disponível em: <<http://www.caugo.gov.br/wp-content/uploads/2013/06/5-Jardim-Botanico.pdf>>. Acesso em: 01 set 2018.

RADIĆ, S, et al. The evaluation of surface and wastewater genotoxicity using the Allium cepa test. *Science of the Total Environment*, 2010, 408.5: 1228-1233.

RICE, E., W., et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association, Washington, DC*, 2012, 541.

ROMERO, V; FORMIGA, K., T., M; MARCUZZO, F., F., N. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. *Ciência e Natura*, 2017, 39.2: 320-340.

SCHUROFF, P., A., et al. Qualidade microbiológica da água do Lago Igapó de Londrina-PR e caracterização genotípica de fatores de virulência associados a Escherichia coli enteropatogênica (EPEC) e E. coli produtora de toxina Shiga (STEC). *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, 2014, 35.2: 11-20.

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

SOUSA, G., R., et al. Evaluation of the Mutagenic Potential of Orlistat in Root Meristematic Cells of Allium cepa. *Global Journal of Medical Research*, 2017.

TEDESCO, S., et al. Bioindicator of genotoxicity: the Allium cepa test. *Environmental contamination*, 2012, 137-156.

TÜRKÖĞLU, Şifa. Evaluation of genotoxic effects of sodium propionate, calcium propionate and potassium propionate on the root meristem cells of Allium cepa. *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46.6: 2035-2041.

UNITED NATIONS (US). Population Division of the UN Department of Economic and Social Affairs (UN DESA). **Rural Population, Development and the Environment** 2011.

United Nations, New York, 2011. Disponível em: <[http://www.un.org/esa/population/publications/2011UrbanPopDevEnv\\_Chart/2011Urban\\_w\\_allchart.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/2011UrbanPopDevEnv_Chart/2011Urban_w_allchart.pdf)>. Acesso em: 18 mai 2018.

UNITED NATIONS (US). Population Division of the UN Department of Economic and Social Affairs (UN DESA). 2018 **Revision of World Urbanization Prospects. United Nations, New York, 2018.** Disponível em: <<https://www.un.org/development/desa/publications/publication>>. Acesso em: 11 set 2018.

---

#### **SOBRE AS AUTORAS E OS AUTORES:**

---

##### **Gabriela Rodrigues de Sousa**

Possui Graduação em Biomedicina pela Faculdade Alfredo Nasser (Unifan), participou como representante discente do Instituto de Ciências da Saúde (ICS) na Comissão Própria de Avaliação (CPA) da Faculdade Alfredo Nasser, também foi aluna 2X do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e Programa Institucional de Voluntário de Iniciação Científica (PIVIC) da Faculdade Alfredo Nasser. Realizou estágio extracurricular no laboratório Citocenter 2016-2017 e Oswaldo Cruz de 2017-2018. Participou ativamente do diretório de pesquisa da Faculdade Alfredo Nasser. Possui experiência na área de Citotoxicidade e Genotoxicidade. Mestranda do programa de Pós-Graduação em Assistência e Avaliação em Saúde pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Participa do Núcleo de Estudo em *Helicobacter pylori* (NEHP).

**Endereço para acessar este CV:** <http://lattes.cnpq.br/5718374941541388>

---

##### **Mônica de Oliveira Santos**

Formada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) em 1998. Obteve o mestrado em Bioquímica e Biologia Molecular pelo Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás (UFG) em 2002 e o doutorado em Patologia Molecular pela Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (UnB) em 2007. Atuou no ensino de jovens e adultos nas disciplinas de Ciências e Biologia como professora efetiva na prefeitura de Goiânia e Estado de Goiás, no período de 1999 a 2003. Atualmente é aluna de Especialização em Microbiologia e Análises Clínicas pelo Instituto Prominas/ Faculdade Cândido Mendes-RJ e de Pós-doutorado no Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública/IPTSP (UFG), onde desenvolve o projetos na Avaliação da qualidade de vida de duas comunidades quilombolas em relação a saúde dos adultos e Análise genética de Microrganismos Resistentes a Antimicrobianos. Sócia fundadora da Sociedade Brasileira de Ciências aplicadas à Saúde (SBCSaúde) onde exerce o cargo de Diretora científica. É Coordenadora editorial das Revistas científicas "Saúde & Ciência em Ação" ISSN: 2447-9330 e "Applied Health Sciences" ISSN: 2595-8046. Possui experiência em Técnicas e Análise de Biomoléculas, Perfil Fitoquímico e Antígenos; Bioinformática; Gestão; Produção e Análise de Projetos Científicos; Micologia e Microbiologia; Genética e Bioquímica de fungos.

**Endereço para acessar este CV:** <http://lattes.cnpq.br/2413034112726774>

---

**Murillo de Sousa Pinto**

Possui graduação em Biomedicina pela Faculdades Alfredo Nasser (2019). Participou do Programa de Iniciação Científica da Faculdades Alfredo Nasser. Tem experiência na área de Genética, com ênfase em Mutagenese.

**Endereço para acessar este CV:** <http://lattes.cnpq.br/9799290954699973>

---

**Lorrane Rodrigues Silva**

Possui graduação em Biomedicina pela Faculdades Alfredo Nasser (2019). Tem experiência na área de Genética, com ênfase em Mutagenese.

---

**Lilian Carla Carneiro**

Graduação em Ciências Biológicas Modalidade médica- biomedicina pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2000), mestrado em Bioquímica e Biologia Molecular pela Universidade Federal de Goiás (2004), doutorado em Biologia Celular e Molecular pela Universidade Federal de Goiás (2010), pós-doutorado em Diagnóstico molecular e por imagem de doenças infecciosas e parasitárias, pela UFCSPA (2013). Professora da PUC-GO (2002), professora da Universidade Estadual de Goiás (2003 a 2012), pesquisadora do Instituto de Biologia Molecular do Paraná (2013 a 2015). Atualmente sou docente da Universidade Federal de Goiás. Tenho experiência na área de microbiologia, com ênfase em aplicações da biologia molecular, atuando TEMPPrincipalmente nos seguintes temas: análises microbiológicas, biotecnologia de microrganismos e biotecnologia aplicada a saúde pública.

**Endereço para acessar este CV:** <http://lattes.cnpq.br/6506744224041777>

---

**Aroldo Vieira de Moraes Filho**

Graduado em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás - Unidade Universitária de Morrinhos. Especialista em Tecnologias aplicadas ao Ensino de Biologia (ETAEB). Cursos MBA em Gestão Educacional pela Faculdade Alfredo Nasser. Mestre em Biologia - área de concentração Biologia Celular e Molecular pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Doutor em Ciências Biológicas - área de concentração: Genética e Bioquímica pela UFG. Atualmente realiza estágio de Pós-Doutoramento pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da UFG. Na Faculdade Alfredo Nasser (UNIFAN) ministra aulas para os cursos de Biomedicina, Enfermagem, Farmácia, Fisioterapia e Medicina, coordena a Pós-Graduação Lato Sensu em Ciências Forenses e a Pós-Graduação Lato Sensu em Docência em Ciências da Saúde e atua como assessor do Diretor Acadêmico. É membro titular como, representante pesquisador, da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UNIFAN), professor de várias Pós-Graduações Lato Sensu e do MBA em Ciências da Educação. Tem experiência na área de Genética Toxicológica, Ensino de Genética e Saúde Coletiva, atuando TEMPPrincipalmente nos seguintes temas: antirretrovirais, AIDS, genotoxicidade, mutagenicidade, sexualidade humana e sexualidade na adolescência. É avaliador de cursos do Ministério da Educação (MEC).

**Endereço para acessar este CV:** <http://lattes.cnpq.br/0642159645249357>

---

Recebido para publicação em janeiro de 2020

Aprovado para publicação em maio de 2020