



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA

**BIOMONITORAMENTO DE CURSOS D'ÁGUA NA REGIÃO DE MONTE
CARMELO - MG, UTILIZANDO *TRADESCANTIA***

Aluno: Carlos Fernando Campos

Orientador: Profa. Dra. Sandra Morelli

Co-Orientador: Prof. Dr. Boscolli Barbosa Pereira

**UBERLÂNDIA - MG
2017**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA

**BIOMONITORAMENTO DE CURSOS D'ÁGUA NA REGIÃO DE MONTE
CARMELO - MG, UTILIZANDO *TRADESCANTIA***

Aluno: Carlos Fernando Campos

Orientador: Profa. Dra. Sandra Morelli

Co-Orientador: Prof. Dr. Boscolli Barbosa Pereira

Disertação apresentada à
Universidade Federal de
Uberlândia como parte dos
requisitos para obtenção do
Título de Mestre em Genética e
Bioquímica (Área Genética)

UBERLÂNDIA – MG
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

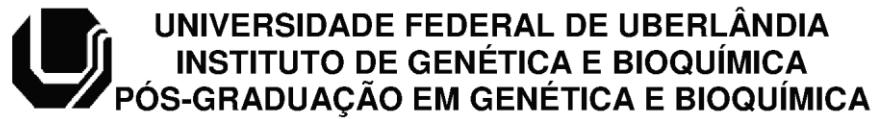
C198b Campos, Carlos Fernando, 1989
2017 Biomonitoramento de cursos d'água na região de Monte Carmelo - MG, utilizando Tradescantia: monitoramento aquático / Carlos Fernando Campos. - 2017.
 24 p. : il.

 Orientadora: Sandra Morelli.
 Coorientador: Boscolli Barbosa Pereira.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica.
 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.798>
 Inclui bibliografia.

 1. Bioquímica - Teses. 2. Monitoramento ambiental - Teses. 3. Água - Qualidade - Teses. 4. Tradescantia - Teses. I. Morelli, Sandra. II. Pereira, Boscolli Barbosa. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica. IV. Título.

CDU: 577.1

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947



**BIOMONITORAMENTO DE CURSOS D'ÁGUA NA REGIÃO DE MONTE
CARMELO - MG, UTILIZANDO *TRADESCANTIA***

ALUNO: Carlos Fernando Campos

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente: Profa. Dra. Sandra Morelli

Examinadores: Prof. Dr. Edson José Fragiorge
Prof. Dr. Mário Antônio Spanó

Data da Defesa: _____ / _____ / _____

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGGB para o formato da Dissertação foram contempladas

(Profa. Dra. Sandra Morelli)

Dedicatória

Á meu pai, José Carlos de Campos (*in memoriam*), dedico este trabalho.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Uberlândia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo fomento.

Agradeço a Profa. Dra Sandra Morelli, primeiramente por me aceitar como aluno e também pelos ensinamentos e contribuições, as quais foram imprescindíveis para realização deste trabalho.

Ao amigo e Prof. Dr Boscolli Barbosa Pereira, ao qual tenho grande apreço e admiração e também pelos inúmeros momentos onde pude vislumbrar de ensinamentos, discussões, contribuições e parcerias científicas, as quais utilizei como direção e alicerce desde os períodos iniciais da graduação, contemplando aquele momento até as contribuições substanciais para a execução deste trabalho.

Ao amigo e Prof. Dr Edimar Olegário de Campos Junior, profissional ao qual tenho grande admiração e respeito. Também, pela atenção e disposição imediatas que sempre foram praticadas em cada momento de necessidade. Pelos ensinamentos, críticas construtivas, contribuições e parcerias científicas ainda nos períodos iniciais da graduação até a execução final deste trabalho que, indubitavelmente foram fundamentais em todos os momentos.

Ao amigo MSc Henrique Nazareth Souto, pelos ensinamentos e debates científicos, pela parceria nas aulas e seminários, pelas contribuições por este e outros trabalhos.

Ao amigo Udsom Oliveira Vieira Junior, pelo apoio nas coletas de água, pela parceria na execução do projeto “Organismos Modelos em Genética”, apresentado no 59º Congresso Brasileiro de Genética.

À Danila Campos Carvalho Pena e Huander Ramos Silva, amigos que tenho grande admiração, respeito e reconhecimento.

À Janaína de Souza Mota, pela atenção e competência.

À todos que contribuíram de modo direto ou indireto para que a realização deste trabalho fosse possível.

Agradeço a Sra Maria da Glória Batista Campos que, mesmo em meio a tantas dificuldades e adversidades ao longo de sua vida, lutou e ainda luta sem fraquejar em nenhum momento, realizando seu máximo para que eu pudesse estudar e chegar a este momento.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	4
3.1. Área de estudo	4
3.2. Material biológico	5
3.3. Análises físico-químicas.....	6
3.4. Exposição	6
3.5. Teste de micronúcleo com <i>Tradescantia</i>	6
3.6. Análise estatística.....	7
4. RESULTADOS.....	7
5. DISCUSSÃO.....	12
6. CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS.....	18

RESUMO

Os ambientes aquáticos são impactados diariamente com diversas descargas de efluentes diversos. Nesse sentido, a poluição dos recursos hídricos e o aumento da genotoxicidade neste ambiente tem sido observadas. O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade ambiental de recursos hídricos em Monte Carmelo – MG, por meio do teste de micronúcleos em *Tradescantia*. As coletas ocorreram semestralmente no período de setembro de 2015 a janeiro de 2017, sendo setembro para estação seca e janeiro para estação chuvosa. Inicialmente, as hastes foram excisadas e colocadas em água destilada para aclimatação. Para cada tratamento, 15 plantas foram expostas durante 24 horas. Os grupos de controle seguiram análises semelhantes. Posteriormente, as plantas foram colocadas em água destilada durante 24 horas para recuperação. Em seguida, as inflorescências foram fixadas na solução Carnoy durante 24 horas a 4 °C. As inflorescências foram armazenadas em etanol a 70% a 4 °C até o momento de análise. Foram preparadas dez lâminas para cada tratamento. As células foram coradas com carmim acético 2%. As lâminas foram examinadas em microscópio óptico a 400x. Foram analisados 300 tétrades por lâmina. As alterações genotóxicas foram expressas pelo número de micronúcleos por 100 tétrades após análise estatística (ANOVA, Tukey $p < 0,05$). As análises físico-químicas revelam que poucos parâmetros apresentaram valores acima do limite desejável. Os níveis pluviométricos foram similares entre os períodos de coleta. Os dados para índice de qualidade da água revelam melhora nos parâmetros ambientais nos últimos anos no município em estudo. Para os pontos amostrais, exceto M1, apresentaram aumento na frequência de micronúcleos em relação ao controle. Entretanto para M2, P1 e P2, os valores observados são inferiores quando comparados a estudos anteriores. Alterações nas atividades econômicas municipais podem ter sido a principal causa para a redução dos níveis de genotoxicidade nestes pontos. O presente trabalho permite inferir que o teste TRAD-MCN é sensível mesmo em baixas concentrações, para variadas fontes de poluentes em meio aquoso. Dessa forma, a associação do teste TRAD-MCN às análises tradicionais se apresenta com uma ferramenta alternativa e viável. Nessa direção, um maior número de análises e o monitoramento destas e a adição de novas localidades deve ser realizado, buscando esclarecer primeiramente, o potencial genotóxico dos ambientes aquáticos municipais, mas também evidenciar as principais fontes causais da contaminação ambiental local.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental; Micronúcleos; Ambiente Aquático; Genotoxicidade; Índice de qualidade da água.

ABSTRACT

The aquatic environments are impacted daily with diverse discharges of many diverse effluents. In this sense, the pollution of water resources and the increase of genotoxicity in this environment have been observed. The aim of the present study was to evaluate the environmental quality of water resources in Monte Carmelo – MG, through the micronucleus test in *Tradescantia*. The collections occurred weekly from september 2015 to january 2017, being september for dry season and january for rainy season. Initially, the rods were excised and placed in distilled water for acclimatization. For each treatment, 15 plants were exposed for 24 hours. The control groups followed similar analysis. Subsequently, the plants were placed in distilled water for 24 hours to recover. Then, the inflorescences were fixed in Carnoy solution for 24 hours at 4 °C. The inflorescences were stored in 70% ethanol at 4 °C until analysis. Ten slides for each treatment were prepared. Cells were stained with 2% acetic carmine. The slides were examined under an optical microscope at 400x. 300 tetrads were analyzed per slide. The genotoxic changes were expressed by the number of micronuclei per 100 tetrads after statistical analysis (ANOVA, Tukey $p < 0,05$). The physicochemical analyzes revealed that few parameters has presented values above the desirable limit. The rainfall levels were similar between the collection periods. The data for the water quality index reveal an improvement in the environmental parameters in the last years in the city under study. For the sample points, except for M1, they showed an increase in micronuclei frequency in relation to the control. However for M2, P1 and P2, the observed values are lower when compared to previous studies. Changes in municipal economic activities may have been the main cause for the reduction of genotoxicity levels at these points. The present work allows to infer that the TRAD-MCN test is sensitive even at low concentrations, for many sources of pollutants in aqueous environment. Thus, the association of the TRAD-MCN test with the traditional analyzes presents itself as an alternative and viable tool. This way, a bigger number of analyzes and the monitoring of these and the addition of new localities should be realized, seeking to clarify first, the genotoxic potential of the municipal aquatic environments, but also to highlight the main causal sources of local environmental contamination.

Key-words: Environment monitoring; Micronuclei; Aquatic environment; Genotoxicity; Water quality index.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os ambientes aquáticos têm sido altamente poluídos em função da descarga de efluentes, tratados ou não, de diversas origens, como: doméstico, de mineração, industriais ou pelo escoamento da água em áreas agrícolas contendo comumente agentes contaminantes, tais como, metais pesados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e agrotóxicos (BORTOLI *et al.*, 2009).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) orienta que a água é essencial para sustentar a vida, sendo um elemento que, quando adequado, seguro e acessível necessariamente deve estar disponível a todos. Melhorar o acesso e a qualidade da água potável é imprescindível à saúde coletiva, motivando assim, o monitoramento periódico dos parâmetros definidos por lei, com o intuito de indicação do nível de qualidade de água (WHO, 2011). Há muito, estudos epidemiológicos associam a qualidade da água à maior propensão ao câncer (CHEN *et al.*, 1986; COLLMAN *et al.*, 1991; CHEN *et al.*, 1992; WHO, 2012).

Análises físico-químicas, que podem ser utilizadas no processo de investigação de qualidade de água, segundo as recomendações do CONAMA, são importantes na medida em que fornecem dados sobre a presença ou ausência de determinados agentes indevidos ou mesmo tóxicos no meio. As vantagens deste método podem ser evidenciadas devido a possibilidade de rápida identificação das alterações físico-químicas em parâmetros específicos, bem como a mensuração dessas concentrações em amostras de ambientes aquáticos (GOULART; CALLISTO, 2003). Entretanto este método por ser estritamente quantitativo, não é passível de ser utilizado para demonstrar a quais perigos a população está sujeita (análise de risco), assim sendo insuficiente como método de análise para investigação de qualidade ambiental (DALZELL *et al.*, 2002).

Nesse contexto, verifica-se que os organismos vivos reagem quanto à poluição e a outros fatores ambientais de forma integrada (BORTOLOTTO *et al.*, 2009). Não obstante, as ferramentas intrínsecas ao monitoramento biológico conferem vantagens neste segmento, pois avaliam fatores indispensáveis como biodisponibilidade, além de seu potencial para determinação da interação e efeito de poluentes (GRANT, 1994; KÖCK-SCHULMEYER *et al.*, 2013). Assim, se torna

imprescindível que o monitoramento biológico seja empregado na complementação de resultados físico-químicos, pois, expõe resultados obtidos pelos poluentes *in vivo* (CARVALHO, 2005).

Desenvolvido inicialmente para avaliar efeitos genotóxicos do 1,2-dibromoetano (MA *et al.*, 1978) o teste de micronúcleos em *Tradescantia* (TRAD-MCN) passou a ser utilizado para avaliar de forma genérica o potencial genotóxico de outros agentes e produtos (MA *et al.*, 1984; GOPALAN, 1999; ALMEIDA NETO *et al.*, 2005; MAJER *et al.*, 2005; PRAJAPATI; TRIPATHI, 2008; MIELLI *et al.*, 2009; MISÍK *et al.*, 2011; COSTA; DROSTE, 2012; GARÍ *et al.*, 2014; CRISPIM *et al.*, 2014; CAMPOS *et al.*, 2015; SPOSITO *et al.*, 2017).

O teste TRAD-MCN é validado pelo Programa Internacional de Segurança Química da OMS. A *Tradescantia* é reconhecida como organismo modelo no segmento de avaliação genotóxica por meio do teste TRAD-MCN (MISÍK *et al.*, 2007), sendo que novas abordagens como o ensaio cometa têm sido propostas conjuntamente (SPOSITO *et al.*, 2017), além de outras metodologias, relacionadas à capacidade de bioacumulação de metais pesados no monitoramento (CAMPOS *et al.*, 2015).

O presente projeto está em conformidade ao Decreto nº45.818, de 2011, o qual determina as diretrizes do Regulamento do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que entre outros atributos esclarece: I) fomentar, para atual e futuras gerações, disponibilidade e qualidade da água para seus respectivos usos; II) executar estudos que colaborem com a gestão das águas, bem como sua proteção e conservação; III) fornecer dados se solicitado ao Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos e; IV) medir e monitorar a qualidade das águas em caráter permanente e contínuo.

A cidade de Monte Carmelo pertence à região do Alto-Paranaíba (Latitude: -18,7348; Longitude: -47,4963; Sul 18°44'5''; Oeste 47°29'47'') do Estado de Minas Gerais, Brasil. De acordo com o último censo demográfico possui 45.772 habitantes e uma área total de 1.343.035 km² (BRASIL, 2013a), o bioma predominante é o Cerrado com algumas áreas de Mata Atlântica. O clima é do tipo Aw e Cwa na classificação de Köppen com verão quente e úmido, de novembro a abril, e inverno frio e seco, de maio a outubro (BRASIL, 2004). A respeito da utilização dos recursos hídricos neste município é possível destacar: I)

Irrigação; II) Dessedentação de animais; III) Abastecimento público e consumo humano e; IV) Consumo industrial (IGAM, 2009). As principais atividades econômicas neste município são a pecuária, agricultura e a indústria ceramista (BRASIL, 2013a).

Os cursos d'água pertencem a bacia do Rio Paranaíba e, segundo a Resolução do CONAMA nº357 de 2005 para classificação de águas doces, estão enquadrados, no que diz respeito a seu uso preponderante, como sendo de classe 2. Dados oriundos de outros segmentos analíticos (determinação de parâmetros físico-químicos) foram obtidos frente aos dados cedidos pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM) entre os anos de 2013 a 2016. O índice de qualidade da água (IQA) foi calculado. Segundo o IGAM, são definidos os seguintes conceitos para de acordo com a ponderação dos parâmetros sobre a qualidade da água: Excelente ($90 \leq 100$); Bom ($70 \leq 90$); Médio ($50 \leq 70$); Ruim ($25 \leq 50$) e; Muito ruim ($0 \leq 25$). A qualidade superficial dos cursos d'água, de forma geral, foi considerada média com alta contaminação tóxicos (CT) e oligotrófica em 2015. Para o ano seguinte, (IQA) foi considerado médio, com baixa contaminação por agentes tóxicos e mesotrófica (IGAM, 2016).

Estudos anteriores realizados neste município revelaram potencial genotóxico em ambientes aquáticos (CAMPOS *et al.*, 2015; CAMPOS JUNIOR *et al.*, 2015; MORAIS *et al.*, 2016). Nesse sentido, a intenção de conduzir este estudo, se fundamenta em conhecer a qualidade ambiental de cursos d'água do município de Monte Carmelo - MG, em virtude à captação e abastecimento domiciliar após tratamento, sua utilização por indivíduos da zona rural, populações ribeirinhas, além da determinação de potenciais impactos à fauna e flora, por meio do teste TRAD- MCN.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade ambiental de recursos hídricos em Monte Carmelo - MG, por meio do teste de micronúcleos em *Tradescantia* no período de setembro de 2015 a janeiro de 2017.

2.2. Objetivos Específicos

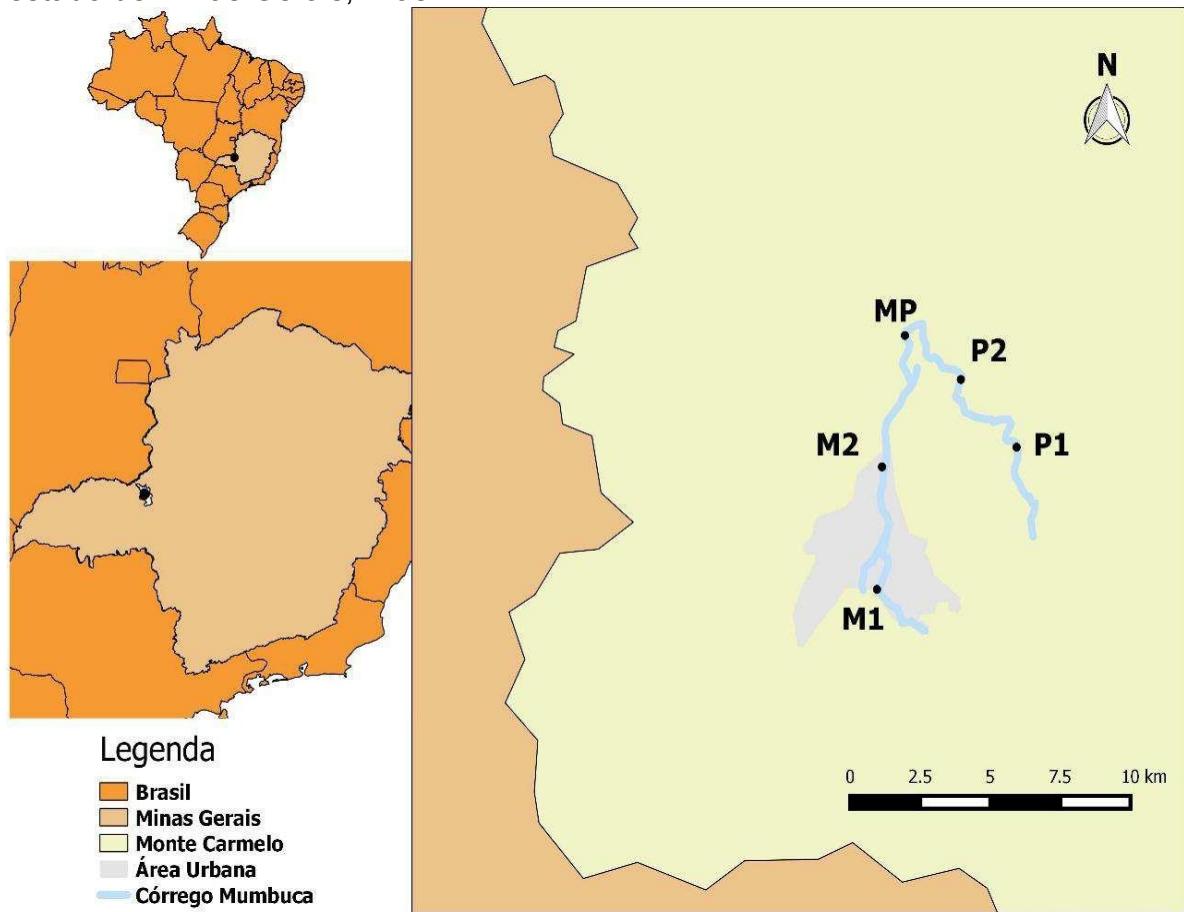
Dentre os objetivos que nortearam este estudo, é válido citar: I) Fomentar a continuidade do monitoramento ambiental em recursos hídricos realizado no ano de 2014 neste município empregando a mesma metodologia; II) Comparar os dados obtidos por esta pesquisa aos dados anteriores e quais implicações podem ser abordadas; III) Determinar as possíveis razões para manutenção ou variação da toxicidade/ genotoxicidade ao longo dos últimos anos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O volume médio de precipitações foi calculado. Os corpos hídricos monitorados foram: córrego Mumbuca e rio Perdizes. Os pontos de coleta em cada manancial foram classificados conforme a sua localização, sendo: M1 - próximo a nascente (Latitude: 18°44'19.6'' S; Longitude: 47°29'47.4'' O), e M2 - após a estação de tratamento de esgoto municipal (Latitude: 18°42'31.9'' S; Longitude: 47°29'37.8'' O) para o córrego Mumbuca; P1 - ambiente rural (Latitude: 18°39'48.7'' S; Longitude: 47°29'14.3'' O), P2 – perímetro rodoviário anterior ao aterro sanitário municipal (Latitude: 18°40'30.4'' S; Longitude: 47°28'7.1'' O) e MP - ambiente rural (Latitude: 18°6583.5'' Longitude: 47°48'52.5'' O) para o rio Perdizes, sendo que, no ponto MP o córrego Mumbuca é afluente do rio Perdizes (Figura 1). A coleta de água foi realizada de acordo com o como proposto pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2008). Foram realizadas coletas no período chuvoso e seco, com início em setembro de 2015, janeiro e setembro de 2016 e janeiro de 2017.

Figura 1 – Localização dos pontos de estudos no município de Monte Carmelo, no estado de Minas Gerais, Brasil.



Fonte: Própria autoria

3.2. Material Biológico

Tradescantia pallida (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea* foram cultivadas em casa de vegetação na Universidade Federal de Uberlândia – UFU, em temperatura de 16°C noite e 26° C dia, umidade relativa foi de 60- 80%. Fotoperíodo de 16 horas diárias de luz foi aplicado para induzir a floração. As plantas foram cultivadas vasos com volume de 1L, adaptados para o método de exposição. A fertilização e irrigação foram sistematicamente controladas, assim como a taxa de mutação espontânea do estoque de plantas. A taxa de mutação espontânea foi controlada por avaliação mensal do controle negativo, assegurando que a frequência de micronúcleos estivesse abaixo de 2 para 100 tétrades avaliadas. A temperatura foi mensurada pois, abaixo de 11 °C, a

frequência de mutação espontânea e formação de micronúcleos pode aumentar 100 vezes.

A produção de mudas a partir de uma mesma matriz garantiu a isogenicidade das amostras. O bioensaio foi executado conforme recomendações de Ma e colaboradores (1994) com modificações. Formaldeído 0,2% foi utilizado como controle positivo. Como controle negativo foram empregados tratamentos em água destilada. Foram utilizados substratos comerciais para plantas e vermiculita (Bioplant, Minas Gerais, Brasil).

3.3. Análises físico-químicas

Três análises físico-químicas da água, para cada ponto de coleta em ambas as estações, foram realizadas para maior confiabilidade dos resultados. As amostras de água foram coletadas em frascos âmbar de 1L previamente preparado e conduzidas sob resfriamento para análise no Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia.

3.4. Exposição

Floreiras com no mínimo 15 plantas foram utilizadas para o ensaio em cada ponto, incluindo os controles positivo e negativo. Hastes de 15 centímetros, com inflorescências, jovens foram cortadas e submetidas à solução de Hoagland (HOAGLAND; ARNON, 1950) por 24 horas para aclimatização, seguido do tratamento por 24 horas com amostras de água coletadas nos cinco pontos de amostragem, além dos controles negativo e positivo. Posteriormente, as hastes foram transferidas para recuperação do material por 24 horas, em solução de Hoagland para subsequente processamento para análise de micronúcleos.

3.5. Teste de Micronúcleo com *Tradescantia* (TRAD – MCN)

Cumpridas as etapas de aclimatização, tratamento e recuperação, as inflorescências jovens das hastes foram colhidas e fixadas em solução 3:1 de etanol e ácido acético glacial (solução Carnoy). As amostras foram conduzidas para o Laboratório de Citogenética da Universidade Federal de Uberlândia e, após 24 horas, foram conservadas em etanol 70% até o momento das análises.

As anteras obtidas dos botões coletados foram maceradas com bastão de vidro sobre lâminas para microscopia após gotejamento com o corante carmim acético. Após a maceração e limpeza (descarte dos fragmentos das anteras), as lâminas foram cobertas com lamínulas e rapidamente aquecidas a 80°C para fixação do corante nas tétrades. A frequência de micronúcleos foi apresentada como número de micronúcleos por 100 tétrades analisadas.

Para cada local monitorado, 20 botões florais com células de grão de pólen em estado de tétrades foram empregados. Para cada ponto, 10 lâminas foram produzidas, dentre as quais foram avaliadas 300 tétrades quanto à presença de micronúcleos em microscópio óptico de luz sob magnificação de 400 vezes, como proposto por Ma e colaboradores (1994).

3.6. Análise Estatística

Análise de Variância (ANOVA) foi empregada para determinar a significância entre os locais monitorados. Valores de *p* inferiores a 0,05 foram considerados estatisticamente significantes (CALLEGARI-JACQUES, 2006). O teste de Tukey foi aplicado para realizar comparações entre os pontos amostrais em relação aos grupos controle.

4. RESULTADOS

Nas Tabelas 1 e 2, são apresentados os resultados obtidos pelas análises físico-químicas nos distintos períodos de coleta para os pontos em estudo.

Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas, índice de qualidade da água (IQA) e nível de contaminação por tóxicos (CT) de acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA e o Instituto Mineiro Gestão das Águas (IGAM) durante o período de seca.

Parâmetros	Limite Conama	P1	P2	M1	M2	MP
Cor verdadeira (Pt L ⁻¹)	75	81*	141*	117*	26	107*
Turbidez (UNT)	100	4,2	0,1	2,7	11,2	4,1
DQO (mg L ⁻¹)		0,0	0,0	36	66,2	0,0
O ² Dissolvido (mg L ⁻¹)	5	8	8	8	8	8
P total (lóticos - mg L ⁻¹)	0,1	0,1	0,3*	0,0	5,2*	0,0
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	Ausentes	10*	210*	1274*	10*	7,74*
pH	6 – 9	7,61	7,67	7,39	7,8	4,19*
¹ SDT (mg L ⁻¹)	500	36	106	1416*	1239*	0,0
Al (mg L ⁻¹)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd (mg L ⁻¹)	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb (mg L ⁻¹)	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cianetos (mg L ⁻¹)	0,005	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloreto (mg L ⁻¹)	250	0,0	5,88	1,96	45,09	1,96
Cloro Residual (mg L ⁻¹)	0,01	0,08*	0,09*	0,06*	0,07*	0,07*
Co (mg L ⁻¹)	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu (mg L ⁻¹)	0,009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr (mg L ⁻¹)	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe (mg L ⁻¹)	0,3	1,03*	1,16*	1,08*	0,27	0,74*
Fluoreto (mg L ⁻¹)	1,4	0,11	0,18	0,04	0,75	0,41
Mn (mg L ⁻¹)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hg (mg L ⁻¹)	0,0002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni (mg L ⁻¹)	0,025	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitratos (mg L ⁻¹)	10	0,29	0,27	0,25	2,33	0,36
Nitritos (mg L ⁻¹)	1	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0
N Amoniacal (mg L ⁻¹)	3,7	1,07	2,43	1,03	10	1,3
Sulfato (mg L ⁻¹)	250	0	45	0	25	0
Detergentes (mg L ⁻¹)	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Conduktividade (μS)		37,8	85,7	38,4	68,9	76,6
IQA		74,8	71,7	47,6	32,8	60,5
CT		Baixa	Média	Baixa	Alta	Baixa

¹Sólidos Totais Dissolvidos.

*Parâmetros acima do limite permitido.

Tabela 2 – Resultados das análises físico-químicas, índice de qualidade da água (IQA) e nível de contaminação por tóxicos (CT) de acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA e o Instituto Mineiro Gestão das Águas (IGAM) durante o período chuvoso.

Parâmetros	Limite Conama	P1	P2	M1	M2	MP
Cor verdadeira (Pt L ⁻¹)	75	102*	105*	63	150*	69
Turbidez (UNT)	100	10,1	12,4	10,4	11,7	10,4
DQO (mg L ⁻¹)		0,0	0,0	0,0	129	0,0
O ² Dissolvido (mg L ⁻¹)	5	8,8	8,4	6,9	> 10	6,8
P total (Ióticos - mg L ⁻¹)	0,1	0,1	0,1	0,2*	1,6*	0,1
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	Ausentes	139*	87*	99*	881*	120*
pH	6 – 9	6,47	6,92	7,04	7,18	7,08
¹ SDT (mg L ⁻¹)	500	52	73	121	242	55
Al (mg L ⁻¹)	0,1	0,03*	0,0	0,0	0,24*	0,0
Cd (mg L ⁻¹)	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb (mg L ⁻¹)	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cianetos (mg L ⁻¹)	0,005	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloreto (mg L ⁻¹)	250	1,96	0,98	2,94	33,33	1,96
Cloro Residual (mg L ⁻¹)	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Co (mg L ⁻¹)	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu (mg L ⁻¹)	0,009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr (mg L ⁻¹)	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe (mg L ⁻¹)	0,3	0,90*	1,11*	0,97*	0,10	0,95*
Fluoretos (mg L ⁻¹)	1,4	0,25	0,21	0,22	0,70	0,14
Mn (mg L ⁻¹)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hg (mg L ⁻¹)	0,0002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni (mg L ⁻¹)	0,025	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitratos (mg L ⁻¹)	10	1,3	1,1	0,0	0,0	1,5
Nitritos (mg L ⁻¹)	1	4*	4*	0,0	0,0	0,0
N Amoniacal (mg L ⁻¹)	3,7	0,93	1,16	1,08	10*	0,79
Sulfatos (mg L ⁻¹)	250	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Detergentes (mg L ⁻¹)	0,5	31,2	43,8	22,4	46,2	30,7
Conduтивidade (μS)		102*	105*	63	150*	69
IQA		69,1	71,5	71,9	58,5	71,1
CT		Alta	Alta	Baixa	Alta	Baixa

¹Sólidos Totais Dissolvidos.

*Parâmetros acima do limite permitido.

Na Tabela 3, são apresentados os dados pluviométricos para os meses em análise (COOXUPE, 2017).

Tabela 3 – Média e número de dias com precipitação e desvio padrão (SD) para os meses em estudo.

Momento de análise	Média ± SD	Número de dias com chuva
2015 (Seca)	16,3 ^a ± 21,4	6
2016 (Chuvoso)	24,5 ^a ± 25,2	29
2016 (Seca)	5,8 ^a ± 12,1	7
2017 (Chuvoso)	12,4 ^a ± 13,7	20

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey $p < 0,05$.

As médias pluviométricas não apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Na Tabela 4 são apresentados os dados de IQA entre os anos de 2013 a 2016, de acordo com IGAM (IGAM, 2014; 2015; 2016).

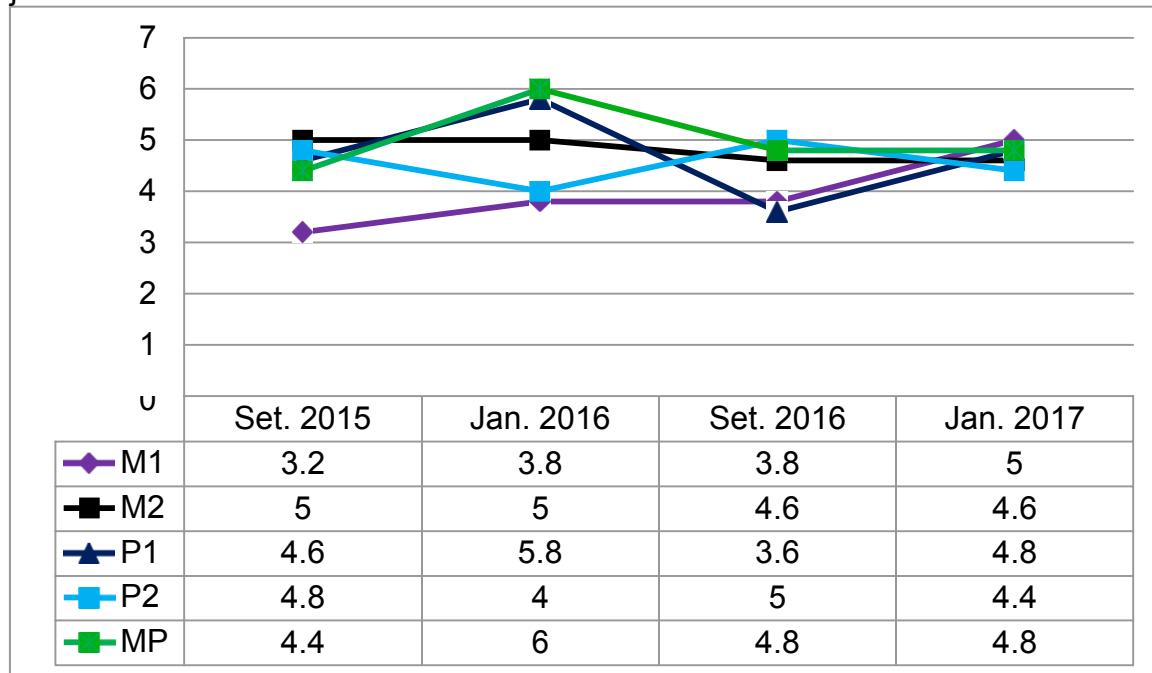
Tabela 4 – Dados sobre índice de qualidade da água (IQA), contaminantes tóxicos (CT) e índice de estado trófico (IET) no período 2013 a 2016 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba em Monte Carmelo - MG.

Ano	Qualidade das águas		
	IQA	CT	IET
2013	49,4	Média	Mesotrófica
2014	47,4	Alta	Mesotrófica
2015	55,1	Alta	Oligotrófica
2016	56,8	Baixa	Mesotrófica

(IGAM 2014; IGAM, 2015; IGAM 2016).

Na tabela 5 são apresentadas as médias em cada momento de análise.

Tabela 5 – Médias obtidas em cada ponto de análise nos quatro momentos de coleta compreendidos entre setembro de 2015, janeiro e setembro de 2016 e janeiro de 2017.



Na Tabela 6, são apresentadas as frequências de micronúcleos obtidos no monitoramento para as amostras coletadas nos pontos em estudo.

Tabela 6 – Frequência de micronúcleos obtida nos períodos de seca e chuva nos pontos de análise em ambos períodos de análise no município de Monte Carmelo – MG.

Pontos de coleta	Número de Células	Frequência de Mn/100 células ± SD	
		Seca	Chuvoso
Controle Negativo	3,000	1,8 ^a ± 1,05	1,8 ^a ± 1,05
M1	3,000	3,5 ^{a,c} ± 1,43	4,4 ^{a,c} ± 1,34
M2	3,000	5,0 ^{b,c} ± 1,05	4,6 ^{a,c} ± 1,07
P1	3,000	5,2 ^{b,c} ± 1,54	4,2 ^{a,c} ± 1,47
P2	3,000	4,4 ^{a,c} ± 1,7	4,7 ^{b,c} ± 1,56
MP	3,000	5,2 ^{b,c} ± 1,68	4,8 ^{b,c} ± 1,39
Controle Positivo	3,000	24,6 ^d ± 2,95	24,6 ^d ± 2,95

Frequências seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey p < 0,05.

Os dados contidos na Tabela 6 elucidam aumento na frequência de micronúcleos nos pontos M2, P1 e MP no período de seca e em P2 e MP para o período chuvoso, remetendo a situação de genotoxicidade nestes pontos, em distintos períodos de coleta. Entretanto, não foi observado aumento significativo na frequência de micronúcleos no mesmo ponto em relação aos períodos de coleta. Amostras em M1 não exibiram genotoxicidade em ambos períodos de estudo. Em contrapartida, os ensaios conduzidos por amostras obtidas em MP apresentam aumento na frequência de micronúcleos nos dois períodos de análise.

5. DISCUSSÃO

A Resolução nº 357 de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece padrões para qualidade da água, em relação às concentrações de substâncias/compostos na água que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde, segurança e bem-estar populacional e interferir no desenvolvimento da biota (BRASIL, 2005). No Brasil, a água deve atender os parâmetros também descritos pela portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011, a qual discorre acerca dos procedimentos de controle e vigilância da

qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Os dados obtidos por meio dos ensaios físico-químicos elucidam poucas alterações em relação a concentração de substâncias encontradas nas amostras para os pontos analisados, de acordo com os parâmetros legais. Mesmo na ausência de diversas substâncias acima do limite permitido ou ainda de agentes que possuem alto efeito genotóxico comprovado, como metais pesados, a sensibilidade do organismo empregado foi verificada pelo aumento na frequência de micronúcleos em M2, P1, P2 e MP em diferentes períodos climáticos de estudo. Este fato corrobora com a versatilidade deste vegetal como ferramenta ao monitoramento ambiental, como verificado em outros estudos (MISÍK, *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2013; SPOSITO *et al.*, 2017).

Ainda que os valores de IQA obtidos sejam classificados como bons em ambas as estações, com exceção para M1 e M2 durante o período seco e apenas M2 apresentasse alta contaminação tóxica em ambos períodos, o emprego do teste TRAD-MCN mostrou-se eficiente, neste estudo, perante condições de diversidade em momentos distintos, ainda que submetido a misturas complexas que apresentaram baixas concentrações de determinados compostos e a ausência de agentes reconhecidamente genotóxicos, não detectados por meio dos testes físico-químicos utilizados. Nesta direção, a complementação dos resultados físico-químicos é imprescindível (DALZELL *et al.*, 2002). Principalmente em ambientes aquáticos, diversas substâncias podem estar presentes, de modo que possam ocorrer interações ou misturas, alterando drasticamente a capacidade genotóxica do meio, seja por ação sinergista ou antagonista (DUAN *et al.*, 1999).

Os dados pluviométricos não apresentaram diferença significativa ($p < 0.05$). Embora apenas o ponto MP tenha apresentado aumento na frequência de micronúcleos em ambos períodos de coletas, não se pode atribuir, em maior instância, aos níveis de precipitação, influência sobre a genotoxicidade dos pontos em estudo, tendo em vista também que, somente os níveis de CT e IQA foram variantes em todos os pontos amostrais, o que não foi observado em relação a frequência de micronúcleos, pois não há diferença significativa entre os mesmos pontos amostrais nos diferentes momentos de coleta.

Estudos anteriores, em outros pontos amostrais e por meio de metodologias diferentes, demonstraram efeito genotóxico na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba no município em estudo (CAMPOS JUNIOR *et al.*, 2015; MORAIS *et al.*, 2016). Não obstante, a comparação dos dados aqui obtidos a um estudo anterior (CAMPOS *et al.*, 2015) remetem a diminuição dos níveis de genotoxicidade em alguns pontos estudados (M1; M2; P1 e P2).

Nesse sentido, é preciso ressaltar que os ambientes aquáticos podem sofrer alterações de natureza físico-química de modo rápido, interferindo diretamente em sua complexidade e consequentemente em seu potencial ecotoxicológico (GOULART; CALLISTO, 2003), exibindo a necessidade de que o monitoramento ambiental seja contínuo.

Nessa direção, frente os dados obtidos no IGAM para IQA e CT entre 2013 a 2016 (IGAM, 2014; IGAM, 2015; IGAM, 2016) e os resultados apresentados neste trabalho para IQA, CT e genotoxicidade, em relação a estudos anteriores (CAMPOS *et al.*, 2015), é possível observar decréscimo na poluição dos recursos hídricos neste município.

Como mencionado, o município de Monte Carmelo tem suas principais atividades econômicas estabelecidas na agricultura, pecuária e a atividade ceramista. A predominância para a agricultura municipal, tradicionalmente foi a monocultura do café. Neste sentido, ao longo do tempo, a fragmentação de ecossistemas locais se tornou inevitável, sendo preferencial às monoculturas cafeeiras situadas em regiões próximas de cursos d'água. Conforme descrito por Oliveira (2010), a vegetação as margens dos cursos d'água neste município são pouco preservadas, principalmente em relação ao rio Perdizes, sendo comum o uso de agrotóxicos as proximidades dos mananciais.

O uso de agrotóxicos no segmento agrícola é comum e extensivo, principalmente em culturas de café (SCHAFFER *et al.*, 2007). Não obstante, os agrotóxicos podem permanecer ou percolar no solo durante a ocorrência de precipitações, provocando contaminação ambiental e aumento de genotoxicidade no meio (SANCHES *et al.*, 2003; ARIAS *et al.*, 2013; KÖCK-SCHULMEYER *et al.*, 2013).

Embora tenha sido observado aumento na frequência de micronúcleos, esses dados não são estatisticamente significantes em M1. Entretanto, a

frequência de micronúcleos tenha sido estatisticamente significante nos demais pontos neste estudo, ainda sim é menor que a observada em M2, P1 e P2 em estudo anterior (CAMPOS *et al.*, 2015).

Inferir precisamente sobre o fator causal da diminuição observada nos pontos apresentados, se torna uma tarefa complexa. Não obstante, é possível elencar fatores que podem ter relação substancial a esta situação. Como descrito, a pecuária e a agricultura são pontos fortes na atividade econômica municipal (BRASIL, 2013a). No ano de 2012, o efetivo bovino municipal era de 55.991 cabeças e a produção de café em grãos, alcançou 29 toneladas (BRASIL, 2012a).

Ambas atividades possuem impacto sobre o qualidade ambiental. Entretanto, o fim que leva a atividade pecuária em relação ao dano ambiental tende a ser menor se comparada à atividade cafeeira, majoritariamente no que diz respeito a ausência, quanto ao uso de produtos, como agrotóxicos. No cenário municipal, em um curto período temporal (2012 - 2015), a atividade pecuária sofreu forte crescimento, de modo que, o efetivo bovino em 55.991 para o ano 2012, aumentando para 60.019 em 2013, 63.580 em 2014 e finalmente 71.720 em 2015 (BRASIL, 2012b; BRASIL, 2013b; BRASIL, 2014a; BRASIL, 2015a). A atividade pecuária se pauta, basicamente à ocupação de ambientes já fragmentados neste município, dispensando o uso extensivo de produtos químicos diretamente ao solo ou nos recursos hídricos, o que até certo ponto, pouco pode influenciar na qualidade ambiental e capacidade genotóxica de ambientes aquáticos.

Em contrapartida, a atividade cafeeira apresentou decréscimo de quase 50% de sua produção, no mesmo período. A produção de grãos em toneladas em 2012 atingiu 29.000kg, sendo que nos três anos seguintes a produção em toneladas foi de 24, 27 e 15, para 2013, 2014 e 2015, respectivamente (BRASIL, 2012c; BRASIL, 2013c; BRASIL, 2014b; BRASIL, 2015b). Entre as principais práticas na produção de café está o emprego de agrotóxicos para o combate de pragas diversas. Os agrotóxicos podem permanecer ou percolar o solo, contaminando o ambiente e incrementando risco genotóxico ao meio (CARVALHO, 2006; CRESTANI *et al.*, 2006). Diversos estudos por diferentes metodologias confirmam o potencial genotóxico dos diferentes tipos de

agrotóxicos (GRISOLIA, 2002; MATSUMOTO *et al.*, 2006; MIRON *et al.*, 2008; MORAES *et al.*, 2007).

Nesse sentido, outros fatores podem ter conduzido a redução na genotoxicidade dos pontos em estudo neste trabalho em relação a situações avaliadas anteriormente. Todavia, essa redução pode ser direcionada, em um primeiro momento, à drástica redução da atividade cafeeira neste município. A redução desta atividade consequentemente implica na redução do uso de agrotóxicos, por conseguinte, a contaminação ambiental e a genotoxicidade causadas por estes agentes tende a decrescer. Entretanto, é importante ressaltar que, exceto em M1, houve aumento na frequência de micronúcleos para os demais pontos.

6. CONCLUSÃO

O teste TRAD-MCN é sensível mesmo em baixas concentrações, para variadas fontes de poluentes em meio aquoso e complementa testes físico-químicos padronizados.

A redução da frequência de micronúcleos pelo teste TRAD-MCN é concordante com a diminuição do uso de agrotóxicos dado pelo significativo decréscimo das áreas de produção de café em grãos, nos pontos de estudo, M2 e P2, no município de Monte Carmelo – MG.

Para os pontos de estudo em que houve aumento na frequência de micronúcleos (M2, P1, P2 e MP), um maior número de análises e o monitoramento destas e a adição de novas localidades deve ser realizado, buscando esclarecer o potencial genotóxico dos ambientes aquáticos do município de Monte Carmelo – MG e as principais fontes causais da contaminação ambiental local.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA NETO, J.X.; MEDEIROS, F.P.M.; MELO, A.J.M.; SILVA, J.C.; DANTAS, J.P. Avaliação do efeito mutagênico da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) através do Teste de Micronúcleos em medula óssea de ratos (*Rattus norvegicus*, linhagem Wistar) *in vivo*. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristovão, v. 5, n. 2, 2º semestre, 2005.

ARIAS, A.R.L.; BUSS, D.F.; ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A.F.; FREIRE, M.M.; EGLER, M. et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Revista Ciência e saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v.12, n. 1, p. 61-72, jan/mar. 2007.

BORTOLI, G.M.; AZEVEDO, M.B.; SILVA, L.B. Cytogenetic biomonitoring of Brazilian workers exposed to pesticides: micronucleus analysis in buccal epithelial cells of soybean growers. **Mutatation Research**, Amsterdam, v. 675, n. 1-2, p. 1-4, abr. 2009.

BORTOLOTTO, J.B.T.; BERTOLDO, F.Z.D.; SILVEIRA, T.M.; SILVANO, D.J., PITCH, C.T. Evaluation of the toxic and genotoxic potential of landfill leachates using bioassays, **Environmental Toxicology and Pharmacology**, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 288-93, set. 2009.

BRASIL - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS – EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2005. **Resolução nº357 de 17 de março de 2005**.

_____. Portaria nº 2914/MINISTÉRIO DA SAÚDE de 11 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 de dezembro de 2012.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2013a. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município. Acesso em 20/01/2017. Disponível em:
<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=314310>.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012b. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município, pecuária. Acesso 20/04/2017. Disponível em:
<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314310&idtema=121&search=minas-gerais|monte-carmelo|pecuaria-2012>

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012c. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município, cultura permanente. Acesso em 20/05/2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314310&idtema=122&search=minas-gerais|monte-carmelo|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2012>

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2013a. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município. Acesso em 20/01/2017. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=314310>.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2013b. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município, pecuária. Acesso em 20/04/2017. <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314310&idtema=135&search=minas-gerais|monte-carmelo|pecuaria-2013>

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2013c. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município, cultura permanente. Acesso em 20/05/2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314310&idtema=136&search=minas-gerais|monte-carmelo|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2013>

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2014a. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município, pecuária. Acesso em 20/04/2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314310&idtema=147&search=minas-gerais|monte-carmelo|pecuaria-2014>

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2014b. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município, cultura permanente. Acesso em 20/05/2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314310&idtema=148&search=minas-gerais|monte-carmelo|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2014>

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015a. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município, pecuária. Acesso em 20/04/2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314310&idtema=159&search=minas-gerais|monte-carmelo|pecuaria-2015>

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015b. IBGE, Minas Gerais, Monte Carmelo, Infográficos: dados gerais do município, cultura permanente. Acesso em 20/05/2017. Disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=314310&idtema=>

157&search=minas-gerais|monte-carmelo|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2015

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: Princípios e Aplicações**. Porto Alegre, p 255, 2006.

CAMPOS, C.F.; PEREIRA, B.B.; CAMPOS JUNIOR, E.O.; SOUSA, E.F.; SOUTO, H.N.; MORELLI, S. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 38, n. 4, p. 507-12, dez. 2015.

CAMPOS, C.F.; CAMPOS JUNIOR, E.O.; SOUTO, H.N.; SOUSA, E.F.; PEREIRA, B.B. Biomonitoring of the environmental genotoxic potential of emissions from a complex of ceramic industries in Monte Carmelo, Minas Gerais, Brazil, using *Tradescantia pallida*. **Journal of toxicology and environmental health Part A**, Washington, v. 79, n. 3, p. 123-8, jan. 2016.

CAMPOS JUNIOR, E.O.; PEREIRA, B.B.; MORELLI, S. Monitoring genotoxicity in the Mumbuca stream, Minas Gerais, Brazil. **Journal of Toxicology and Environmental Health Part A**, Washington, v. 78, n. 20, p. 1277-87, out. 2015.

CARVALHO, H.A. A *Tradescantia* como bioindicador vegetal na monitoração dos efeitos clastogênicos das radiações ionizantes. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 459-62, nov/dez. 2005.

CARVALHO, F.P. Agriculture, pesticides, food security and food safety. **Environmental Science e Polocy**, v. 9, n. 7-8, p. 685-92, nov/dez. 2006.

CHEN, C.J.; CHUANG, Y.C.; YOU, S.L.; LIN, T.M.; WU, H.Y. A retrospective study on malignant neoplasms of bladder, lung and liver in blackfoot disease endemic area in Taiwan. **British Journal of Cancer**, London, v. 53, n. 3, p. 399-405, mar. 1986.

CHEN, C.J.; CHEN, C.W.; WU, M.M.; KUO, T.L. Cancer potential in liver, lung, bladder and kidney due to ingested inorganic arsenic in drinking water. **British Journal of Cancer**, London, v. 66, n. 5, p. 888-92, nov. 1992.

COLLMAN, G.W.; LOOMIS, D.P.; SANDLER, D.P. Childhood cancer mortality and radon concentration in drinking water in North Carolina. **British Journal of Cancer**, London, v. 63, n. 4, p. 626-9, abr. 1991.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. 2008. **Guia Nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Agência Nacional das Águas – ANA.

COOPERATIVA DOS CAFEITCULTORES ASSOCIADOS EM GUAXUPÉ LTDA – COOXUPE. 2017. Sistema meteorológico – Dados históricos. Acesso em 21/04/2017. Disponível em: <http://sismet.coxupe.com.br:9000/dados/estacao/>

COSTA, G.M.; DROSTE, A. Genotoxicity on *Tradescantia pallida* var. *purpurea* plants exposed to urban and rural environments in the metropolitan area of Porto Alegre, southern. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 4, p. 801-6, nov. 2012.

CRESTANI, M.; MENEZES, C.; GLUSCZAK, L.; MIRON, D.S.; LAZZARI, R.; DUARTE, M.F.; MORSCH, V.M.; PIPPI, A.L.; VEIRIA, V.P. Effects of clomazone herbicide on hematological and some parameters of protein and carbohydrate metabolism of silver catfish *Rhamdia quelen*. **Ecotoxicology Environmental and Safety**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 48-55, set. 2006.

CRISPIM, B.A.; SPÓSITO, J.C.V.; MUSSURY, R.M.; SENO, L.O.; GRISOLIA, A.B. Effects of atmospheric pollutants on somatic and germ cells of *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. HUNT cv. *purpurea*. **Anais da Acadêmia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, 86, n. 4, p. 1899- 906, 2014.

DALZELL, D.J.; ALTE, S.; ASPICHUETA, E.; DE LA SOTA, A.; ETXEABARRIA, J.; GUTIERREZ M.; HOFFMANN C.C.; SALES, D. OBST, U.; CHRISTOFI, N. A comparison of five rapid direct toxicity assessment methods to determine toxicity of pollutants to activated sludge. **Chemosphere**, London, v. 47, n. 5, p. 535-45, maio 2002.

DUAN, C.Q.; HU, B.; WANG, Z.H.; WEN, C.H.; YAN, S.Q.; JIANG, X.H.; WANG, D.K.; LI, Q.; LIANG, X.F. *Tradescantia* bioassays for the determination of genotoxicity of water in the Panlong River, Kunming, People's Republic of China. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 426, n. 2, p. 127-31, maio 1999.

GARÍ, M.; BOSCH, C.; GRIMALT, J.O.; SUNYER, J. Impacts of atmospheric chlor-alkali factory emissions in surrounding populations. **Environment International**, Oxford, v. 65, p. 1-8, abr. 2014.

GOPALAN, H. N. B. Ecosystem health and human well being: the mission of the international programme on plant bioassays. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 426, n. 2, p. 99-102, maio 1999.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, Pará de Minas, v. 2, n. 1, 2003.

GRANT, W.F. The present status of higher plant bioassays for the detection of environmental mutagens. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 310, n. 2, p. 175-85, out. 1994.

GRISOLIA, C.K. A comparison between mouse and fish micronucleus test using cyclophosphamide, mitomycin C and various pesticides. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 518, n. 2, p. 145-50, jul. 2002.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 347p., 1950.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Paranaíba**. 2009. Relatório Anual.

_____. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Paranaíba**. 2014. Relatório Anual.

_____. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Paranaíba**. 2015. Relatório Anual.

_____. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Paranaíba**. 2016. Relatório Anual.

KÖCK-SCHULMEYER, M.; VILLAGRASA, M.; DE ALDA, M.L.; CÉSPEDES-SÁNCHEZ, R.; VENTURA, F.; BARCELÓ, D. Occurrence and behavior of pesticides in wastewater treatment plants and their environmental impact. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.458-460, p. 466-76, ago. 2013.

MA, T.H.; SPARROW, A.H.; NAUMAN, A.F. Effect of 1,2 dibromoethane (DBE) on meiotic chromosomes of *Tradescantia*. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 58, n. 1-2, p. 251-58, nov. 1978.

MA, T.H.; HARRIS, M.M.; ANDERSON, V.A.; AHMED, I.; MOHAMMAD, K.; BARE, J.L.; LIN, G. *Tradescantia*-Micronucleus (Trad-MCN) tests on 140 health-related agents. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 138, n. 2-3, 157-67, nov/dez. 1984.

MA, T. H.; CABRERA, G. L.; CHEN, R., GILL, B. S.; SANDHU, S. S.; VANDENBERG, A. L.; ALAMONE, M. F. *Tradescantia* micronucleus bioassay. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 310, n. 2, p. 221-30, out. 1994.

MAJER, B.J.; GRUMMT, T.; UHL, M.; KNASMULLER, S. Use of plant bioassays for the detection of genotoxins in the aquatic environment. **Acta Hydrochimica et Hydrobiologica**, v. 33, n. 1, 45-55, mar. 2005.

MATSUMOTO, S.T.; MANTOVANI, M.S.; MALAGUTTI, M.I.A.; DIAS, A.L.; FONSECA, I.C.; MARIN-MORALES, M.A. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberration in onion root-tips. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 29, n. 1, p. 148-58, jun. 2006.

MIELLI, A.C.; MATTA, M. E.M.; NERSESYANC, A.; SALDIVA, P.H.N.; UMBUZEIRO, G. A. Evaluation of the genotoxicity of treated urban sludge in the *Tradescantia* micronucleus assay. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 672, n. 1, p. 51-4, jan. 2009.

MIRON, D.; PRETTO, A.; CRESTANI, M.; GLUSZAK, L.; SCHETINGER, M.; LORO, V.L.; MORSCH, V. Biochemical effects of clomazone herbicide on piava (*Leporinus obtusidens*). **Chemosphere**, London, v. 74, n. 1, p. 1-5, dez. 2008.

MISÍK, M.; MICIETA, K.; SOLENSKA, M.; MISIKOVA, K.; PISARCIKOVA, H.; KNASMULLER, S. In situ biomonitoring of the genotoxic effects of mixed industrial emissions using the *Tradescantia* micronucleus and pollen abortion tests with wild life plants: Demonstration of the efficacy of emission controls in an eastern European city. **Environmental Pollution**, Barking, v.145, n. 2, p.459-66, jan. 2007.

MISÍK, M.; MA, T.H.; NERSESYAN, A.; MONARCA, S.; KIM, J.K.; KNASMUELLER, S. Micronucleus assays with *Tradescantia* pollen tetrads: an update. **Mutagenesis**, Oxford, v. 26, n. 1, p. 215-21, jan. 2011.

MORAES, B.S.; LORO, V.L.; GLUSCZAK, L.; PRETTO, A.; MENEZES, C.; MARCHEZAN, E.; MACHADO, S.O. Effects of four rice herbicides on some metabolic and toxicology parameters of teleost fish (*Leporinus obtusidens*). **Chemosphere**, London, v. 68, n. 8, p. 1597-601, jul. 2007.

MORAIS, C.R.; CARVALHO, S.M.; ARAUJO, G.R.; SOUTO, H.N.; BONETTI, A.M.; CAMPOS JUNIOR, E.O. Assessment of water quality and genotoxic impact by toxic metas in *Geophagus brasilienses*. **Chemosphere**, London, v. 152, n.1, p. 328-34, jun. 2016.

OLIVEIRA, D.A. Análise geoambiental da Bacia Hidrográfica do rio Perdizes – Minas Gerais. **Trabalho de conclusão de curso** (2010). Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.

PEREIRA, B.B.; CAMPOS JUNIOR, E.O.; MORELLI, S. *In situ* biomonitoring of the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlândia, Brazil, using *Tradescantia* micronucleus assay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, v. 87, n. 1, p. 17-22, jan. 2013.

PRAJAPATI, S.K.; TRIPATHI, B.D. Assessing the genotoxicity of urban air pollutants in Varanasi city using *Tradescantia* micronucleus (TRAD-MCN) bioassay. **Environment International**, Oxford, v. 34, n. 8, p. 1092-6, nov. 2008.

SANCHES, S.M.; SILVA, C.H.T.P.; CAMPOS, S.X.; VIEIRA, E.M. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 53-8, jan/dez. 2003.

SCHAFER, R.B.; CAQUET, T.; SIIMES, K.; MUELLER, R.; LAGADIC, L.; LIESS, M. Effects of pesticides on community structure and ecosystem functions in agricultural streams of three biogeographical regions in Europe. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 382, n. 2-3, p. 272-85, set. 2007.

SPOSITO, J.C.; CRISPIM, B.D.; ROMÂN, A.L.; MUSSURY, R.M.; PEREIRA, J.G.; SENO, L.O.; GRISOLIA, A.B. Evaluation the urban atmospheric conditions in different cities using comet and micronuclei assay in *Tradescantia pallida*. *Chemosphere*, London, v. 175, n. 1, p. 108-13, maio 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION- WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. Geneva, Switzerland, fourth edition, 2011

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Progress on drinking water and sanitation**. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2012.