

Monitoramento da qualidade do ar por meio do ensaio com *Tradescantia pallida* na cidade do Rio de Janeiro / Brasil.

Letícia F. Castro

Graduada em Farmácia pela Universidade Federal Fluminense.

Herbert A. Sisenando

Graduado em Farmácia pela UFRN, Mestre em Ciências da Saúde pela UFRN e Doutor em Ciências pela ENSP / Fiocruz. Professor Adjunto da Faculdade de Farmácia da UFF.

Registro DOI: <http://dx.doi.org/10.22280/revintervol10ed3.313>

Resumo

Devido aos fenômenos da natureza e as atividades antropogênicas, os níveis dos gases na troposfera estão sendo alterados. A queima de combustíveis fósseis aumenta a emissão de poluentes primários, como também possibilita a formação na troposfera de compostos secundários tóxicos. O objetivo deste estudo foi realizar o monitoramento da qualidade do ar através da utilização da *Tradescantia pallida* em locais de tráfego intenso de veículos em três diferentes bairros da cidade do Rio de Janeiro/RJ. Para tanto, foram realizados ensaios cromossômicos por meio da contagem de micronúcleo em sistema vegetal, além da coleta e análise dos dados ambientais disponibilizados pelos programas MonitorAr Rio e SISAM. Os resultados mostraram uma correlação positiva entre a frequência de micronúcleos e a concentração de material particulado, especialmente no ponto Tijuca. Quando comparamos a frequência de dano cromossômico com a concentração de ozônio respirável, os resultados mostraram uma correlação negativa entre os dados, especialmente no ponto São Cristóvão. Em conclusão, o presente estudo mostra que o biomonitoramento através de um ensaio sensível e de baixo custo, ensaio de micronúcleo em *T. pallida*, pode ser uma alternativa para o monitoramento da qualidade do ar.

Palavras-chave: Micronúcleo. *Tradescantia pallida*. Genotoxicidade.

Monitoring of air quality through the trial with *Tradescantia pallida* in Rio de Janeiro city / Brazil.

Abstract

The atmosphere consists of a thin layer of gases that remain in contact with the Earth by the force of gravity. Due to natural phenomena and anthropogenic actions, the proportion of gases in the troposphere is being altered. Fossil fuel combustion increases the emission of primary pollutants (e.g.: particulate matter), as well as the

formation of toxic secondary compounds (e.g.: ozone) in the troposphere. The purpose of this study was to monitor air quality by *Tradescantia pallida* bioassay in high traffic vehicle locations, in three different districts and times, in Rio de Janeiro city/ Brazil. We performed chromosome assays by the micronucleus count in *Tradescantia*, besides the collection and analysis of the environmental data provided by MonitorAr-Rio and SISAM programs. The results showed a positive correlation between micronuclei frequency and particulate material, especially in Tijuca. When we compared the frequency of chromosomal damage with the breathable ozone concentration, the results showed a negative correlation, especially in São Cristóvão. In conclusion, the present study shows that biomonitoring by a sensitive and low cost assay, *Tradescantia* micronucleus assay, can be an alternative for the monitoring of air quality.

Keywords: Micronucleus. *Tradescantia pallida*. Genotoxicity.

Recebido em 05/05/2017 Aceito em 06/06/2017

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica, sobretudo em áreas urbanas, tem causado modificações ao meio ambiente e à qualidade de vida. Com o processo de industrialização, o crescimento das cidades, populacional e do número de veículos automotores, o ar dos centros urbanos apresenta cada vez maior concentração de substâncias nocivas. Por outro lado, também se desenvolvem técnicas de monitoramento, que visam orientar decisões e melhores práticas de gestão ambiental.

Dentre os poluentes atmosféricos emitidos em áreas urbanas, os mais significativos são dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de carbono (CO_x), óxidos de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e material particulado (MP). Eles são responsáveis por possíveis efeitos mutagênicos, colocando em risco a saúde humana, provocando doenças respiratórias, câncer de pulmão e disfunções cardiovasculares, além de gerar danos a flora e fauna. Os efeitos oriundos desses poluentes dependem também do período de exposição, clima, estado nutricional, predisposição, idade e impacto simultâneo de outros poluentes.

O monitoramento ambiental pode ser realizado por redes automáticas, semiautomáticas ou através de bioindicadores da poluição. As redes fornecem informações relevantes sobre a concentração dos poluentes e parâmetros meteorológicos. Os bioindicadores, organismos vivos que indicam de forma precoce

a presença de alterações ambientais, revelam, por exemplo, efeitos genotóxicos de agentes mutagênicos presentes na atmosfera.

O uso de plantas no biomonitoramento apresenta várias vantagens sobre os métodos convencionais, incluindo maior amostragem, menores custos operacionais, níveis mais altos de sensibilidade, e a capacidade de avaliar as taxas de dano cromossômico usando rápidas preparações. Dentre as plantas bioindicadoras usadas na literatura científica, destaca-se a *Tradescantia pallida* por apresentar fácil adaptação em qualquer ambiente, podendo se desenvolver durante todo o ano, apresentando-se como um instrumento favorável para estudos de biomonitoramento em grandes escalas. De tamanho relativamente pequeno (~ 25 cm), seis pares de grandes cromossomos e disponibilidade durante o ano todo, são características que disseminaram seu uso em estudo citogenéticos.

Os micronúcleos (MCN) são estruturas celulares que resultam de cromossomos inteiros (aneugênese) ou fragmentos (clastogênese), que se perderam durante a divisão celular, assim, não são incluídos no núcleo da célula-filha, mas permanecem no citoplasma das células interfásicas. A pesquisa de micronúcleos é considerada padrão ouro para avaliação citogenética de lesões que ocorrem no DNA, pois pode ser usado como indicador de mutagenicidade e como instrumento de monitoração, considerando que a frequência de micronúcleos pode retornar aos níveis basais após longo período de tempo sem exposição ao agente genotóxico.

O Teste de Micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN) se baseia na contagem de micronúcleos em células mãe de grãos de pólen e permite determinar a capacidade de substâncias causarem danos ao material genético, levando à formação de micronúcleos ao fim da divisão celular. O Trad-MCN é considerado valiosa ferramenta por muitos pesquisadores pela simplicidade da metodologia e sensibilidade desta planta à exposição aos genotóxicos.

Alguns autores referem-se à dificuldade em se diferenciar, nos organismos bioindicadores, os efeitos de poluentes e reações às demais condições ambientais, como clima, solo, e outros efeitos antrópicos. Assim, o biomonitoramento torna-se mais adequado quando fornece dados que podem ser comparados com informações obtidas pelos métodos convencionais de monitoramento ambiental.

Dessa forma, a presente artigo consiste em uma avaliação da qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro, utilizando como organismo bioindicador a espécie *Tradescantia pallida*, através do bioensaio denominado Trad-MCN. Foi avaliado o efeito genotóxico de poluentes atmosféricos e correlacionado com dados ambientais coletados pelo Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar do município do Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

Desenho do Estudo

As amostras de *Tradescantia pallida* foram coletadas nos bairros do Centro, São Cristóvão e Tijuca, no período de novembro/2014 a maio/2015 (Tabela 01). A escolha dos locais de amostragem obedeceu critérios de inclusão: presença de *T. pallida*, fluxo de veículos, proximidade com os pontos de monitoramento da Prefeitura do Rio e homogeneidade dos dados disponibilizados pelo Monitorar Rio.

Tabela 1 – Localização geográfica espacial dos pontos amostrais de *T. pallida*.

Pontos	Latitude	Longitude	Sigla
Centro	22°54'16.64"	43°11'23.51"	C
São Cristóvão	22°53'51.62"	43°13'20.89"	S
Tijuca	22°54'58.87"	43°14'07.46"	T

Fonte: Latitude e Longitude obtidas a partir do Google Mapas (13).

Ensaio de micronúcleos em *Tradescantia pallida*

Foram coletadas as hastes contendo inflorescências possíveis da espécie *Tradescantia pallida* em cada um dos pontos amostrais durante o período de novembro/2014 a maio/2015. Após coletadas as inflorescências, os botões foram fixados por meio da solução de Carnoy (3:1 de álcool etílico absoluto e ácido acético 45%) em recipiente hermeticamente fechado por 24 horas. Após 24 horas, os botões foram transferidos de recipiente e conservados com etanol a 70% até o momento da sua análise.

Para a análise dos micronúcleos, foram utilizados os botões pré-fixados. Os botões foram retirados da solução de armazenamento e dissecados com auxílio de uma pinça e de um explorador. Após dissecação, o botão foi corado com uma gota do

corante carmim acético 2% para que as células pudessem ser visualizadas no microscópio óptico. Para melhorar a visualização das tétrades, as lâminas com lamínulas foram aquecidas em chapa aquecedora a uma temperatura de 80 °C e posteriormente resfriadas antes da leitura. Foram lidas cinco lâminas contendo tétrades, para cada ponto de amostragem, em cada período. Para cada lâmina foram contadas 300 tétrades, num total de 1500 células contadas por ponto/período, e observada a frequência de micronúcleos (MCN%) em microscópios óptico com objetiva de 40 X.

Durante o período de estudo, foram realizadas 03 diferentes coletas de amostras vegetais nos pontos analisados.

Dados ambientais

Os dados referentes aos poluentes ambientais, tais como: material particulado grosso (PM₁₀) e ozônio (O₃) foram coletados diariamente por meio do acesso aos boletins disponibilizados online pelo Programa de monitoramento da qualidade do ar da Prefeitura do Rio de Janeiro/RJ, por meio da sua homepage oficial. Os dados foram coletados de forma contínua, sendo armazenados e trabalhados no programa de planilhas da Microsoft[®]. O período de amostragem dos dados ambientais seguiu o mesmo adotado para a amostragem com *T. pallida*.

Outra fonte de dados ambientais utilizada neste trabalho foi a disponibilizada pelo Sistema de Informações Ambientais Integrados à Saúde Ambiental – SISAM. As médias diárias das variáveis meteorológicas (precipitação pluviométrica e temperatura) do município do Rio de Janeiro/RJ foram obtidas através do modelo atmosféricos CATT-BRAMS (Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian Regional Atmospheric Modeling System), no período de 01/08/2014 a 31/07/2015.

Análise dos dados

A análise dos dados ambientais foi feita a partir do programa MonitorAr-Rio e pelo SISAM, que disponibilizam as informações por meio da rede mundial de computadores. Os dados referentes as concentrações dos poluentes ambientais e dos parâmetros meteorológicos foram tabulados em Excel[®] 2010 e analisados através da variância, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Os dados de frequência de micronúcleo foram correlacionados com os dados ambientais de poluição. As análises estatísticas foram realizadas no programa INSTAT®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação de risco atribuída à exposição a baixos níveis de poluição do ar na patogênese humana usando apenas ferramentas epidemiológicas exige a realização de estudos em longo prazo e a participação de um número elevado de indivíduos expostos aos poluentes. Este tipo de estudo apresenta desvantagens pelo fato de que se a associação for estabelecida, um elevado número de participantes já terá sofrido consequências da exposição à poluição.

Embora a mutagênese em plantas e os agravos a saúde humana não poderem ser equiparados, o ensaio de genotoxicidade com *T. pallida* pode ser encarado como um instrumento de triagem para avaliação do risco humano em condições ambientais desfavoráveis.

O material particulado e o ozônio são importantes marcadores ambientais relacionados a queima de biomassa. Estudos têm demonstrado que o acréscimo nos níveis desses poluentes do ar está associado ao aumento do número de internações hospitalares por doenças respiratórias. Braga *et al*, em estudo realizado em Itabira/MG, no período de 2003-2004, analisaram a exposição de crianças menores de treze anos às concentrações de PM₁₀, encontrando um aumento de 12% no número de atendimentos por Doenças do Aparelho Respiratório (DAR) associado ao aumento de 10µg/m³ diário de PM₁₀.

Tabela 2 – Concentração acumulada de MP₁₀ e O₃, nos diferentes pontos, durante o período de amostragem entre setembro/14 a maio/15.

	09 a 11/2014 (T1)		12/2014 a 02/2015 (T2)		03 a 05/2015 (T3)	
	PM ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Centro	3268,3 ^B	4001,9	2915,3	6104,2 ^B	2643,3	3434,2
São Cristóvão	3608,6 ^B	6592,2 ^A	3241,4 ^A	8342,5 ^B	2851,7 ^A	5497,5
Tijuca	3715,3 ^{A,B}	6477,9	3106,8	9012,1 ^{A,B}	2851,0	5722,5 ^A

Dados de poluentes coletados no site MonitorAr Rio (<http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/monitorar-rio1>).^A
 Maior concentração entre os pontos. ^B Maior concentração entre os períodos.

A tabela 2 mostra que a maior concentração de material particulado grosso foi amostrado no período de setembro-novembro, fato que pode ser explicado pela combinação de um período com baixa precipitação pluviométrica (Gráfico 1) e o fluxo natural de veículos da região. Segundo Klaassen & Watkins, o ozônio é um poluente secundário formado pela ação da radiação UV sobre compostos primários. Os dados amostrados de ozônio (tabela 02) mostram uma maior concentração do poluente no período de dezembro-fevereiro, corroborando com os dados meteorológicos (Gráfico 1) e com o mecanismo de formação do poluente. As maiores concentrações de PM₁₀ e O₃ foram amostradas no ponto Tijuca, podendo ser explicado pela proximidade com vias de intenso fluxo de veículos derivados do comércio, como também pelo fato de estar numa região cercada por morros, o que dificulta a dispersão dos poluentes, como informado no relatório do MonitorAr.

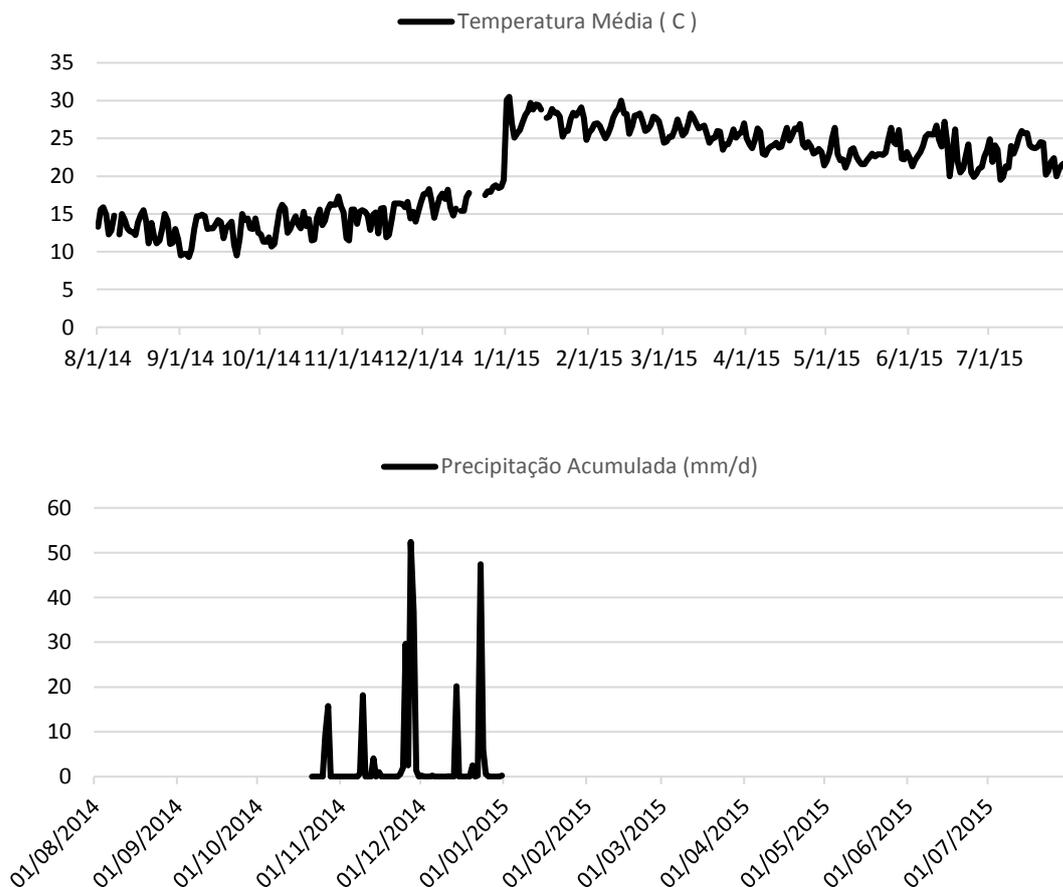


Gráfico 1 – Temperatura e precipitação amostradas no município do Rio de Janeiro/RJ, período de 01/08/14 a 31/07/2015. Dados de poluentes coletados no pelo Sistema de Informações Ambientais Integrados à Saúde Ambiental – SISAM.

Estudos mostram que não há diferença estatisticamente significativa entre os

métodos de exposição ativo e passivo, quando o bioindicador é a *Tradescantia pallida*. O trabalho adotou o método de exposição passiva, onde as plantas são escolhidas aleatoriamente na região, por condições de logística e dinâmica da própria região de trabalho.

Os diferentes momentos de coleta de material propiciaram resultados em diferentes períodos climatológicos. A influência da temperatura e da umidade, na frequência de micronúcleo, já foi demonstrada por estudos publicados por Andrade Junior *et al* e Sisenando *et al*. A dispersão de poluentes no ar é complexa, podendo ser influenciada por características inerentes ao particulado (propriedades físico-químicas, tamanho, peso, outros), como também por condições meteorológicas ou da natureza da fonte.

Estudos com *Tradescantia* também demonstraram uma relação direta entre a exposição e o desenvolvimento de dano celular, por meio da contagem de micronúcleos células em estágio de tétrede.

O mecanismo toxicodinâmico pelo qual o Material particulado e o Ozônio atuam no desdobramento dos quadros tóxicos ainda não foram totalmente elucidados e têm sido alvo de diversos estudos. O mecanismo tóxico mais aceito seria a capacidade de desencadear uma resposta inflamatória. Esse mecanismo pró-inflamatório estaria diretamente associado com a liberação de radicais livres (espécies reativas de oxigênio – ERO) que teriam a capacidade de estimular a cascata inflamatória, como também, desencadear danos na molécula do DNA das células.

A maior frequência de micronúcleos observada na coleta de novembro (Tabela 3), em todos os pontos, pode ser explicada pela maior concentração de PM₁₀ (Tabela 2) amostrada em todos os pontos, como também pela baixa precipitação pluviométrica, acarretando uma maior concentração do poluente no ar. Sisenando *et al* (1), em estudo realizado na Amazônia legal, também observou aumento na quantificação de micronúcleos em períodos secos e com intensa e exposição ao material particulado oriundo da queima de biomassa.

	Novembro/2014 (1)	Fevereiro/2015 (2)	Maiio/2015 (3)
	MCN%	MCN%	MCN%
Centro	3,6	0,5	1,1
São Cristóvão	1,3	0,1	1,1

Tijuca	3,4	1,3	0,5
--------	-----	-----	-----

Tabela 3 – Distribuição dos micronúcleos durante o período de amostragem.

Amostragem de set/2014 – maio/2015. MCN%: Frequência de micronúcleos em 100 células.

A análise da tabela 03 mostra uma redução na frequência de micronúcleos, observada em todos os pontos, quando comparamos o primeiro período de amostragem com os subsequentes. Esta redução pode ser explicada pela precipitação dos poluentes por meio da chuva (Figura 1), como também, pela ação das altas concentrações de ozônio no ar, especialmente durante o verão (Tabela 2), em todos os pontos amostrados. Devido a sua ação oxidante, o ozônio é capaz de atuar sobre a bioquímica das plantas, afetando diretamente no seu desenvolvimento. Na *Tradescantia*, o ozônio pode afetar o número e o diâmetro dos estômatos, proporcionando uma diminuição do volume de gases coletados no ambiente, conseqüentemente, uma menor resposta aos poluentes ambiental. Efeito do ozônio sobre a dinâmica dos estômatos de *T. pallida* também foi observado no estudo realizado por Crispim *et al* na cidade de Dourados/MS.

Quando comparamos os resultados de São Cristóvão nas Tabelas 02 e 03, é possível notar que a maior concentração de material particulado acumulado no ponto não foi suficiente para proporcionar um maior frequência de micronúcleos, quando comparamos aos outros pontos. Quando correlacionamos a MCN% com a concentração de O₃ acumulado (Tabela 4), é possível notar uma correlação negativa em todos os pontos, especialmente no ponto São Cristóvão. Outros estudos também demonstraram que o ozônio pode afetar a membrana plasmática e todas as biomembranas, limitando os processos de transferência. A não disponibilização *online* dos dados de poluentes, em alguns períodos, por parte do projeto MonitorAr, pode justificar a falta de significância estatística na correção entre ozônio e micronúcleo.

Quando correlacionamos a frequência de micronúcleos com as concentrações acumuladas de material particulado, é possível observar uma correlação positiva em todos os pontos. No ponto Tijuca (Tabela 4), foi observado uma correção extremamente forte ($r=0,9998$) e significativa ($p\leq 0,05$) entre os dados comparados. Estes resultados corroboram com os trabalhos publicados por Alves *et al* e Sisenando *et al*. A correlação forte e significativa no ponto Tijuca pode ser explicada pelas

características do local de amostragem, caracterizado por ser uma região impactada pelo fluxo intenso de veículos pesados, especialmente ônibus, como também pelas características geológicas que dificultam a dispersão dos poluentes no ar.

Correlação - Centro		PM ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Micronúcleo	Correl. de Pearson	0,8067	-0,4828
	<i>Sig. (P valor)</i>	0,4025	0,6792
PM ₁₀ (µg/m ³)	Correl. de Pearson	1	0,128
	<i>Sig. (P valor)</i>	,	0,9183
Correlação –São Cristóvão		PM ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Micronúcleo	Correl. de Pearson	0,1386	-0,8538
	<i>Sig. (P valor)</i>	0,9115	0,3486
PM ₁₀ (µg/m ³)	Correl. de Pearson	1	0,3972
	<i>Sig. (P valor)</i>	,	0,1578
Correlação - Tijuca		PM ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Micronúcleo	Correl. de Pearson	0,9998	-0,0322
	<i>Sig. (P valor)</i>	0,0139*	0,9795
PM ₁₀ (µg/m ³)	Correl. de Pearson	1	-0,0103
	<i>Sig. (P valor)</i>	,	0,9934

Tabela 4 – Coeficiente de correlação (e correspondentes níveis de significância) entre a frequência média de micronúcleo e os poluentes ambientais PM₁₀ e O₃.

**Significância estatística (P valor)*

Segundo o IBGE, a região metropolitana do Rio de Janeiro ocupou lugar de destaque nas recentes avaliações do valor adicionado bruto proveniente da atividade industrial para a composição do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Barbério *et al*, em estudo realizado em três locais no entorno de uma indústria de papel em Revinter, v. 10, n. 03, p. 101-115, out. 2017.

Pindamonhangaba/SP, observou uma maior frequência de MCN nos pontos mais próximo do parque industrial.

A cidade do Rio de Janeiro possui um sistema viário de configuração radial, com as principais vias orientadas em direção ao centro da cidade. Atualmente, 3.357 km de vias compõem o sistema viário da cidade do Rio de Janeiro. Desse total, 2.420 km suportam o transporte coletivo. A reunião desses fatores adversos caracteriza um quadro de saturação de vias, com constantes congestionamentos, que ocasionam aumento das emissões de poluentes atmosférico. De acordo com o levantamento realizado pelo Departamento Estadual de Transito – DETRAN, a frota na cidade, em 2013, era de 2.378.597 veículos

Silva *et al* mostra, em seu estudo realizado em Salvador (BA), que a maior frequência de micronúcleos foi encontrada no ponto próximo a semáforos e paradas de ônibus. Trabalho publicado por Andrade Júnior *et al* aponta os veículos movidos a diesel como importantes fontes emissoras de poluentes capazes de gerar dano ao material genético da *T. pallida*.

Os estudos ambientais com *Tradescantia* podem funcionar como importantes ferramentas de avaliação de risco nas grandes cidades, especialmente com o caráter preventivo. Estudos publicados por Sisenando e colaboradores e Mariani e colaboradores mostraram uma correlação positiva e significativa entre a frequência de micronúcleo e o aumento dos casos de doenças respiratórias e cardiovasculares.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados, o estudo conclui que a poluição urbana, especialmente oriunda da queima de combustível fóssil, pode estar associado ao dano cromossômico no DNA da *Tradescantia pallida*.

Também se conclui uma possível influência do ozônio na *T. pallida*, resultando numa diminuição da sensibilidade do ensaio de Trad-MCN.

O estudo descreveu o uso de um indicador economicamente viável e sensível no monitoramento de áreas urbanas.

Agradecimentos

Nós gostaríamos de agradecer aos alunos Aylana R. Gomes de Oliveira (Biomedicina/UFF) e Ronald de Figueiredo Nascimento (Farmácia/UFF) pela

colaboração durante o período de coleta do material. Este estudo contou com o aporte financeiro do Auxílio Instalação da FAPERJ.

REFERÊNCIAS

Sisenando HA, de Medeiros SR, Saldiva PH, Artaxo P, Hacon SS. Genotoxic potential generated by biomass burning in the Brazilian Legal Amazon by

Tradescantia micronucleus bioassay: a toxicity assessment study. *Environ Health*. 2011;10:41.

Klumpp A, Ansel W, Klumpp G, Fomin A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). *Revista Brasileira de Botânica*. 2001;24(4):511-8.

Silva JS. Efeitos genotóxicos em tétrades de *Tradescantia pallida* (rose) d.r. hunt var. purpurea induzidos por poluentes atmosféricos na cidade do Salvador-Bahia [Monografia]. Feira de Santana/BA Universidade Federal de Feira de Santana; 2005.

Crispim BA, Vaini JO, Grisolia AB, Teixeira TZ, Mussury RM, Seno LO.

Biomonitoring the genotoxic effects of pollutants on *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt in Dourados, Brazil. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2012;19(3):718-23.

Uhl M, Plewa MJ, Majer BJ, Knasmüller S. Basic principles of genetic toxicology with an emphasis on plant bioassays. *Bioassays in Plant Cells for Improvement of Ecosystem and human Health: A course manual* Katowice, Poland. 2003:11-30.

Ma T-H. *Tradescantia micronucleus* bioassay and pollen tube chromatid aberration test for in situ monitoring and mutagen screening. *Environmental Health Perspectives*. 1981;37:85.

Carneiro RMA. Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade: Universidade de São Paulo; 2004.

Ballestreri E. Teste de micronúcleos como ferramenta para avaliação da exposição ocupacional a pesticidas: revisão. Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade. 2017;10(1).

Rodrigues GS, Madkours SA, Weinstein LH. Genotoxic activity of ozone in Tradescantia. Environmental and Experimental Botany. 1996;36(1):45-50.

Domingos M, Klumpp A, Klumpp G. Air pollution impact on the Atlantic forest in the Cubatão region, SP, Brazil. Ciênc cult(São Paulo). 1998;50(4):230-6.

Nimis P, Andreussi S, Pittao E. The performance of two lichen species as bioaccumulators of trace metals. Science of the Total Environment. 2001;275(1):43-51. Rio-de-Janeiro. Projeto Monitorar: Qualidade do Ar na Cidade do Rio de Janeiro <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3252594/4114836/RelatorioMonitorar20112012.pdf>: Prefeitura do Rio de Janeiro/RJ; 2016

Carreras H, Pignata M, Saldiva P. In situ monitoring of urban air in Córdoba, Argentina using the Tradescantia-micronucleus (Trad-MCN) bioassay. Atmospheric Environment. 2006;40(40):7824-30.

Artaxo P, Lara LBLS, Pauliquevis TM. Dry and wet deposition in Amazonia: from natural biogenic aerosols to biomass burning impacts. IGAC Newsletter. 2003;27:12-6.

Saldiva PH, Lichtenfels AJ, Paiva PS, Barone IA, Martins MA, Massad E, et al. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. Environ Res 1994;50(2):218-25.

Saldiva PH, Pope CAr, Schwartz J, Dockery DW, Lichtenfels AJ, Salge JM, et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. Arch Environ Health. 1995;50(2):159-63.

Revinter, v. 10, n. 03, p. 101-115, out. 2017.

Braga AL, Saldiva PH, Pereira LA, Menezes JJ, Conceicao GM, Lin CA, et al. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in Sao Paulo, Brazil. *Pediatr Pulmonol.* 2001;31(2):106-13.

Braga ALF, Pereira LAA, Procópio M, André PAd, Saldiva PHdN. Association between air pollution and respiratory and cardiovascular diseases in Itabira, Minas Gerais State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública.* 2007;23:S570-S8.

Klaassen CD, Watkins III JB. *Fundamentos em Toxicologia de Casarett e Doull (Lange)*: AMGH Editora; 2009.

Sisenando H. Batistuzzo de Medeiros SR, Hacon SS: *Tradescantia pallida*: mais do que uma linda flor, um importante bioindicador da qualidade ambiental. *Genetic na Escola.* 2009;4:9-13.

Andrade Júnior S, Santos Júnior J, Oliveira J, Cerqueira E, Meireles J. Micronuclei in tetrads of *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. *purpurea Boom*: genetic changes caused by urban air pollution. *Acta Sci Biol Sci.* 2008;30:295-301.

Matos CE, Andrade RD. *Toxicologia Ambiental: Aspectos toxicológicos e políticos sobre a poluição do ar.* *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade.* 2015;6(2).

Alves NO, Matos Loureiro AL, Dos Santos FC, Nascimento KH, Dallacort R, Castro Vasconcellos P, et al. Genotoxicity and composition of particulate matter from biomass burning in the eastern Brazilian Amazon region. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2011;74(5):1427-33.

Arbex MA, Cancado JED, Pereira LAA, Braga ALF, Saldiva PHN. Biomass burning and health effects. *J Bras Pneumol.* 2004;30(2):158-75.

Cançado JE, Braga A, Pereira LA, Arbex MA, Saldiva PH, Santos Ude P. Clinical repercussions of exposure to atmospheric pollution. J Bras Pneumol. 2006;32 Suppl 2:S5-11.

CETESB. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2008. In: Ambiente SdM, editor.: CETESB; 2009. p. 354.

Pedroso ANV. Poluentes Atmosféricos & Plantas Bioindicadoras. Instituto de Botânica–IBt Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente Curso de Capacitação de Monitores e Educadores São Paulo. 2007. Larcher W, de Assis Prado CHB. Ecofisiologia vegetal: EPU; 1986.

IBGE. IBGE - Cidades@

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=33&search=rio-de-janeiro2016> [

Barbério A, Voltolini JC, Ribeiro MCL. Efeitos mutagênicos da poluição atmosférica em Tradescantia pallida no distrito de Moreira César, em Pindamonhangaba, SP. Revista Biociências. 2013;19(1).

DETRAN. Frota municipal de veículos. <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>: Governo do Estado do Rio de Janeiro; 2016

Mariani RL, Jorge MP, Pereira SS, Melione LP, Carvalho-Oliveira R, Ma TH, et al. Association between micronuclei frequency in pollen mother cells of Tradescantia and mortality due to cancer and cardiovascular diseases: a preliminary study in Sao José dos Campos, Brazil. Environ Pollut. 2009;157(6):1767-70.