



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

PARÂMETROS PARA IDENTIFICAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA DE UMA ÁREA URBANA DE INTENSO TRÁFEGO VEICULAR E AÉREO

Marcos Takeshi Miyabe – miyabetakeshi@gmail.com
Universidade Feevale, Laboratório de Biotecnologia Vegetal
ERS-239, 2755
93525-075 – Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul

Catiele Vieira – catyele_2003@hotmail.com
Universidade Feevale, Laboratório de Biotecnologia Vegetal

Annette Droste – annette@feevale.br
Universidade Feevale, Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Programa de Pós-graduação em
Qualidade Ambiental

Resumo: As emissões de gases poluentes e materiais particulados vêm impactando de forma negativa a qualidade do ar atmosférico. Plantas bioindicadoras vêm sendo empregadas adicionalmente aos métodos físico-químicos no monitoramento ambiental. O objetivo do estudo foi avaliar a formação de micronúcleos e o aborto polínico em botões florais de *Tradescantia pallida* D.R. Hunt. var. *purpurea* Boom e verificar sua eficiência como parâmetros indicadores de genotoxicidade e citotoxicidade em ambiente urbano de intenso tráfego veicular e aéreo em Porto Alegre (S1), comparado a um sítio de baixo tráfego veicular em Novo Hamburgo (S2). As inflorescências foram coletadas em dezembro de 2017 e fevereiro de 2018. Para cada sítio, foram analisadas dez lâminas para a frequência de micronúcleos (MCN/100 tétrades) e dez, para a frequência de aborto polínico (células abortadas/100 células), a partir da contagem de 300 tétrades e 300 células por lâmina, respectivamente. As frequências de MCN nos botões florais no S1 diferiram significativamente daquelas no S2 em ambos os períodos analisados (dezembro: $p < 0,001$; fevereiro: $p = 0,034$). Já, as frequências de aborto polínico diferiram significativamente entre os sítios ($p = 0,007$) na coleta de dezembro de 2017, mas não diferiram na coleta de fevereiro ($p = 0,051$). O sítio de estudo S1 apresentou maior genotoxicidade por meio do bioensaio Trad-MCN do que o sítio S2. A continuidade do estudo se faz necessária para confirmar se a poluição atmosférica influencia no aumento do aborto polínico e verificar a relação entre as fases fenológicas e os efeitos causados pelos poluentes atmosféricos sobre a planta.

Palavras-chave: Bioensaio Trad-MCN, Bioindicador, Genotoxicidade, Qualidade do ar, Viabilidade polínica.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

PARAMETERS FOR IDENTIFYING THE EFFECTS OF ATMOSPHERIC POLLUTION FROM AN URBAN AREA OF INTENSE VEHICLE AND AIR TRAFFIC

Abstract: Emissions of polluting gases and particulate matter have negatively impacted air quality. Bioindicator plants have been used in addition to physico-chemical methods in environmental monitoring. The objective of the study was to evaluate the formation of micronuclei and the pollen abortion in flower buds of *Tradescantia pallida* D.R. Hunt. var. *purpurea* Boom and to verify their efficiency as indicator parameters of genotoxicity and cytotoxicity in an urban environment of intense vehicular and air traffic in Porto Alegre (S1), compared to a site of low vehicular traffic in Novo Hamburgo (S2). The inflorescences were collected in December 2017 and February 2018. For each site, ten slides were analyzed, respectively, for micronucleus frequency (MCN/100 tetrads; 300 tetrads counted in each slide) and frequency of pollen abortion (aborted cells/100 cells; 300 cells counted in each slide). The MCN frequencies in flower buds of S1 differed significantly from those of S2 in both analyzed periods (December: $p < 0.001$, February: $p = 0.034$). However, pollen abortion frequencies differed significantly between sites ($p = 0.007$) in the collection of December 2017, but did not differ in February collection ($p = 0.051$). The S1 site showed higher genotoxicity through the Trad-MCN bioassay than the S2 site. The pollen viability seems to show sensitivity to the pollutants present in the environment. The continuity of the study is necessary to confirm if atmospheric pollution influences the increase of the pollen abortion and to verify the relation between the phenological phases and the effects caused by the atmospheric pollutants on the plant.

Keywords: Bioassay Trad-MCN, Bioindicator, Genotoxicity, Air quality, Pollen viability.

1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar tem se tornado uma grave ameaça à qualidade de vida da população, em especial nas regiões metropolitanas, devido à urbanização e ao aumento da necessidade de mobilidade, incrementando significativamente o volume de gases e material particulado provenientes da queima de combustíveis fósseis (CPCB, 2015; FERREIRA & OLIVEIRA, 2016; CETESB, 2017). Os veículos automotores (fontes móveis) e os processos industriais (fontes estacionárias) são fontes de poluentes atmosféricos, uma vez que liberam diversas substâncias tóxicas, das quais os elementos-traço fazem parte, podendo originar diversos efeitos negativos sobre a saúde humana e ser responsáveis por danos à flora, à fauna e aos materiais (BRASIL, 2017; CETESB, 2017).

As fontes móveis desempenham papel de destaque nos níveis de poluição do ar dos grandes centros urbanos, principalmente emitidos por veículos automotores, os quais carregam diversas substâncias tóxicas, tais como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SO_x), material particulado (MP) (TEIXEIRA *et al.*, 2008; CETESB, 2017). A poluição veicular contribui com 72% da poluição do ar nas cidades urbanas quando comparada à poluição industrial (20%) e doméstica (8%) (CPCB, 2012). Ainda, a topografia e as condições meteorológicas exercem papel fundamental na qualidade do ar atmosférico (CUNHA, 2002; CETESB, 2017).

A qualidade do ar atmosférico é comumente caracterizada e monitorada por redes de monitoramento que utilizam métodos físico-químicos de detecção qualitativa e quantitativa dos poluentes (SAVÓIA *et al.*, 2009; COSTA & DROSTE, 2012), fornecendo informações para o momento da amostragem (METCALFE, 1989). No entanto, tais métodos não são capazes de fornecer

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

informações diretas sobre os impactos dos agentes poluentes sobre os organismos vivos, considerando que estes estão sujeitos aos efeitos combinados e sinérgicos de substâncias químicas em misturas complexas, e essa interação permanece pouco conhecida e compreendida (CRISPIM *et al.*, 2014).

Um parâmetro adicional aos métodos convencionais vem sendo aplicado para avaliar a qualidade do ambiente por meio da resposta dos organismos em relação ao meio onde vivem, embora ainda de maneira pontual (BUSS *et al.*, 2003; OHE *et al.*, 2004; RODRÍGUEZ *et al.*, 2015). O biomonitoramento é definido como o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antrópicas (MATTHEWS *et al.*, 1982). Markert (2007) complementa que um organismo biomonitor é aquele que fornece informações sobre os aspectos quantitativos e um organismo bioindicador é aquele que fornece informações sobre os aspectos qualitativos do ambiente.

As plantas bioindicadoras são sensíveis às alterações do ambiente, fornecendo informações importantes no monitoramento da qualidade ambiental. Essa sensibilidade pode ser atribuída à principal via de entrada de poluentes, os estômatos, por onde são realizadas trocas gasosas, verificando-se danos macroscópicos como aparecimento de cloroses, necroses, queda de folhas ou diminuição no seu crescimento, bem como em nível genético, fisiológico ou bioquímico (ALVES *et al.*, 2001). Considerando que as plantas apresentam estágio de desenvolvimento e ciclo reprodutivo mais rápido que os animais, sendo, portanto, capazes de responder às condições ambientais em um curto período de tempo, as mesmas apresentam atributos biomonitores preferidos quando comparadas a estes (ALVES *et al.*, 2001).

Tradescantia pallida D.R. Hunt. var. *purpurea* Boom apresenta alta sensibilidade a poluentes ambientais (ALVES *et al.*, 2001; SPOSITO *et al.*, 2017), por meio do teste de micronúcleos (MCN), Trad-MCN, que consiste na estimativa da frequência de micronúcleos em células-mãe de grãos de pólen, sendo o número de MCN proporcional à concentração de poluentes (MA *et al.*, 1981; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2008). MCN são estruturalmente pequenos núcleos representando o material genético que foi perdido pelo núcleo principal, como consequência de um dano genético causado por agentes físicos, químicos ou biológicos, capazes de interferir no processo de ligação do cromossomo às fibras do fuso, ou que possam induzir a perda de material genético, como fragmentos de cromossomos ou inteiros. O teste de micronúcleos, portanto, detecta mutagênese cromossômica em eucariotos do tipo clastogênese, aneugênese e danos no fuso mitótico ou meiótico, sendo considerado um dano irreparável (SILVA *et al.*, 2003). *T. pallida* var. *purpurea* tem sido utilizada para o biomonitoramento ativo ou passivo do ar atmosférico por apresentar fácil adaptação em qualquer ambiente, podendo se desenvolver durante todo o ano, sendo assim, um instrumento favorável para estudos em grandes escalas (SUYAMA *et al.*, 2002; CARVALHO, 2005). O biomonitoramento ativo é baseado na introdução de organismos de forma padronizada no ambiente a ser monitorado, e o passivo é baseado na resposta de indivíduos naturalmente ocorrentes na área avaliada (KLUMPP, 2001).

Os botões florais são o órgão no qual são formadas as tétrades resultantes da meiose, que respondem à poluição atmosférica por meio da formação de MCN. Além disso, os botões podem ser utilizados em testes de viabilidade polínica, em que se visa à estimativa do potencial de reprodução masculina de espécies, uma vez que a formação do grão de pólen abortado, que pode ser observado por métodos de coloração, impacta na fertilidade da planta (KUHN, 2015). A frequência de aborto do grão de pólen pode ser influenciada pelas concentrações de emissões de poluentes atmosféricos durante o processo meiótico (MICIETA & MURIN, 1996; MISÍK *et al.*, 2006; FLECK *et al.*, 2014), no entanto, não investigado em *T. pallida* var. *purpurea*.

Tanto os MCN bem como o aborto polínico são prejudiciais, pois determinam a diminuição da capacidade ou mesmo a impossibilidade de reprodução do indivíduo. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a formação de micronúcleos e o aborto polínico em botões florais de *T. pallida* var. *purpurea*, e verificar sua eficiência como parâmetros indicadores de genotoxicidade e citotoxicidade em ambiente urbano de intenso tráfego veicular e aéreo.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

Situada na zona nordeste do estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil, a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) ocupa uma área territorial de 10.345,45 km², que corresponde a 3,67% da superfície total do Estado e possui densidade demográfica de 389,7 hab/km². Atualmente, a RMPA integra 34 municípios, que correspondem a mais de quatro milhões de habitantes, ou seja, 37,7% da população total do Estado (RIO GRANDE DO SUL, 2017). No eixo norte-sul, a área do Vale dos Sinos concentra o setor coureiro-calçadista, especializado nos gêneros em couro, peles e produtos similares. Na parte sul da região, Porto Alegre polariza um subespaço caracterizado por um parque industrial diversificado, fornecedor de produtos de maior valor agregado, onde são encontrados setores da petroquímica, metalúrgica, produtos alimentares e complexo automotivo. Esta parte da região metropolitana também responde por um setor terciário diversificado, onde são encontrados serviços comerciais, de saúde, educação, transportes, telecomunicações e intermediações financeiras (FEE, 2013). Na parte norte de Porto Alegre, está a entrada da BR116, rodovia federal que liga a capital do Estado ao resto do Brasil (COSTA *et al.*, 2016), onde fica localizado também o Aeroporto Internacional Salgado Filho. Estima-se que a frota circulante na RMPA corresponda a 35,8% do total de 6.523.605 unidades de todo o Estado (DETRAN, 2017).

2.2. Sítios de estudo

O estudo foi desenvolvido na Região Metropolitana de Porto Alegre. O sítio de estudo (S1) localiza-se em área urbana de intenso tráfego aéreo e veicular – canteiro com uma população de *T. pallida* var. *purpurea* situado entre a pista principal do Aeroporto Internacional Salgado Filho (SBPA) e a rodovia BR116 (29°59'28.21" S; 51°11'3.59" W), na entrada do bairro Navegantes de Porto Alegre. O sítio de referência (S2) está localizado em área urbana de leve tráfego veicular – coleção viva de *T. pallida* var. *purpurea* do Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade Feevale, situado no Câmpus II (29°40'13.2" S; 51°7'15.94" W), no município de Novo Hamburgo, Região Metropolitana de Porto Alegre (Figura 1).

Realização



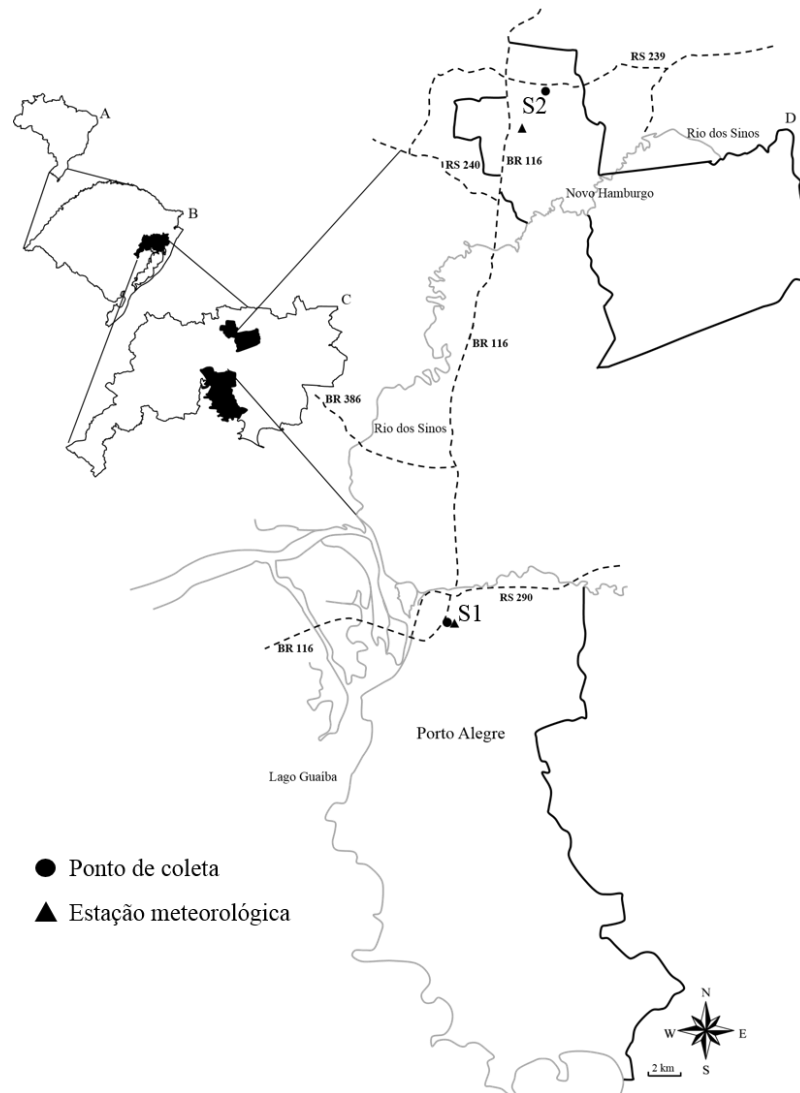
Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

Figura 1. Localização dos sítios amostrais do estudo.

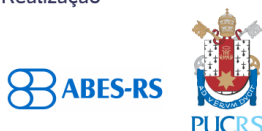


Sítio de estudo - S1 - canteiro com uma população de *T. pallida* var. *purpurea* situado entre a pista principal do Aeroporto Internacional Salgado Filho e a rodovia BR116, Porto Alegre, e sítio de referência - S2 - coleção viva de *T. pallida* var. *purpurea* do Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade Feevale, município de Novo Hamburgo, na Região Metropolitana de Porto Alegre (C), Rio Grande do Sul (B), Brasil (A).

2.3. Material Biológico

T. pallida var. *purpurea* pertence a Commelinaceae, a qual consiste em cerca de 42 gêneros e 650 espécies (PANIGO *et al.*, 2011). A espécie é herbácea, de pequeno porte, com folhas lanceoladas e suculentas e de fácil adaptabilidade ao clima tropical. As folhas apresentam uma larga bainha, e a inflorescência é protegida por duas grandes brácteas em forma de canoa. Sua floração ocorre durante todo o ano e sua propagação pode ser realizada por meio da estaquia dos ramos (SOUZA & LORENZI, 2012)

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

No S1, ramos de *T. pallida* var. *purpurea* para os bioensaios foram retirados de uma população local. No S2, os ramos foram retirados de plantas da coleção viva da Universidade Feevale, as quais estão cultivadas em vasos plásticos (37 cm x 20 cm x 20 cm), contendo 4 kg de solo comercial.

2.4. Coleta de dados meteorológicos e de tráfego de aeronaves e de veículos automotores

Os dados de temperatura, precipitação de chuva e umidade relativa do ar durante o período do monitoramento foram obtidos por meio de estações meteorológicas localizadas próximas aos sítios disponibilizadas pela *The Weather Company* (THE WEATHER COMPANY, 2018). A estação meteorológica mais próxima do sítio S1 está localizada no Aeroporto Internacional Salgado Filho (29°59'23.35" S; 51°10'41.95" W) a 0,6 km de distância da população de *T. pallida* var. *purpurea* em estudo. A estação meteorológica mais próxima do S2 fica localizada a 2 km de distância (29°41'17.52" S; 51°8'0.33" W). Dados de tráfego aéreo foram obtidos junto ao Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea (CGNA) (CGNA, 2016). O número de veículos em circulação por hora foi obtido a partir da contagem direta em cada sítio (COSTA *et al.*, 2016).

2.5. Coleta de ramos com botões florais, preparo e análise de lâminas para avaliação da frequência de micronúcleos

Em cada sítio de estudo, no mesmo dia, foi realizada a coleta de 20 ramos com inflorescências jovens para o biomonitoramento passivo, nos períodos de dezembro de 2017 e fevereiro de 2018. Os ramos foram acondicionados em sacos plásticos vedados contendo uma folha de papel-toalha umedecida com água destilada e imediatamente transportados ao Laboratório de Biotecnologia Vegetal, em caixa térmica. As inflorescências foram fixadas em etanol/ácido acético (3:1 v/v) e, após 24 horas, transferidas para etanol 70% e mantidas a 4°C. Para o preparo das lâminas microscópicas, os botões florais foram dissecados e as anteras maceradas com carmim acético a 1%. Para cada amostra, foram contabilizadas 300 tétrades (Figura 2A) por lâmina em microscópio óptico no aumento de 400x, em um total de 10 lâminas, sendo calculada a frequência de micronúcleos (número de micronúcleos em 100 tétrades) (THEWES *et al.*, 2011).

2.6. Coleta, análise do aborto polínico

Em cada sítio de estudo, no mesmo dia da coleta dos ramos para análise de MCN, foi realizada a coleta de 20 ramos com inflorescências jovens para a análise do aborto polínico. Os grãos de pólen foram removidos de cada antera com o auxílio de uma agulha histológica, sendo posteriormente corados com carmim acético a 1%. Foram selecionados botões florais com tamanho aproximado de 1 cm e com coloração branca. O aborto de um, dois ou três grãos de pólen na tétrade geralmente indica danos genéticos. Os critérios básicos para estabelecer o aborto do grão de pólen foram: (a) grão de pólen com tamanho significativamente maior do que o normal estabelecido pela literatura; (b) deficiência de coloração do grão de pólen (MICIETA & MURIN, 1996). Para cada amostra, foram contabilizados 300 grãos de pólen (Figura 2C) por lâmina em microscópio óptico no aumento de 400x, em um total de dez lâminas, sendo calculada a frequência de grãos de pólen abortados (número de grãos de pólen abortados em 100 células).

Realização

ABES-RS



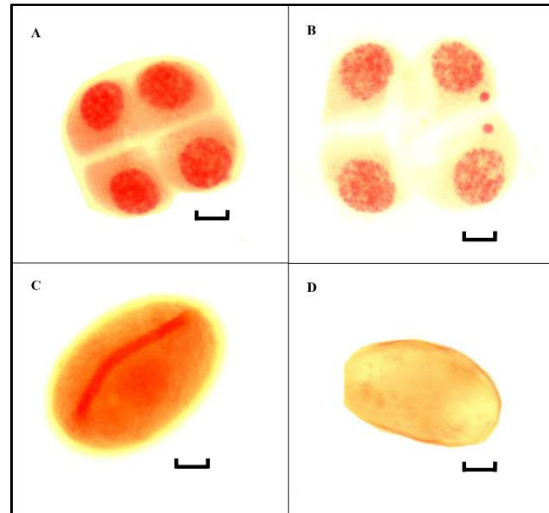
Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

Figura 2. Células germinativas de *T. pallida* var. *purpurea* analisadas no teste de micronúcleos e no teste de aborto polínico.



Célula-mãe de grão de pólen em estágio de tetrade (A), tetrade com dois micronúcleos (B), grão de pólen viável (C), e grão de pólen inviável (D). Barra: 10 μ m.

2.7. Análise estatística

Para as análises estatísticas dos dados, foi utilizado o Programa SPSS versão 20. Os dados de MCN e de aborto polínico foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Como os mesmos atenderam ao pressuposto de normalidade, a comparação das médias foi realizada por meio do teste *t* de Student, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Dados Meteorológicos e de Tráfego de Aeronaves e de Veículos Automotores

As temperaturas máximas do S1 nos dias das coletas de dezembro de 2017 e fevereiro de 2018 foram de 33 °C e 27 °C, respectivamente. A umidade relativa do ar do dia da coleta em dezembro de 2017 foi de 62%, e em fevereiro de 2018, foi de 73%. A precipitação de chuva acumulada do dia da coleta mais três dias anteriores foi de 0 mm para ambos períodos de coleta. O tráfego aéreo médio no Aeroporto Internacional Salgado Filho é de 70.609 aviões por ano (CGNA, 2016). A média de tráfego aéreo (decolagem e pouso) para o mês de dezembro é de 7.517 aviões e para o mês de fevereiro, de 6.918 aviões. O fluxo veicular registrado em S1 foi de aproximadamente 7.000 veículos/hora.

Para o S2, as temperaturas máximas nos dias das coletas foram de 33,5 °C e 29,2 °C nos períodos de dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, respectivamente. A umidade relativa do ar no dia da coleta em Novo Hamburgo foi de 64% em dezembro de 2017 e 69%, em fevereiro de 2018. A precipitação de chuva acumulada do dia da coleta mais três dias anteriores foi de 0 mm e 0,6 mm em dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, respectivamente. O fluxo veicular registrado em S2 foi de aproximadamente 900 veículos/hora.

Realização

Correalização

Informações:



3.2. Bioensaio Trad-MCN

No período de dezembro de 2017, houve diferença significativa entre as frequências de MCN nos botões florais dos ramos de *T. pallida* var. *purpurea* coletados no S1 (3,97) e no S2 (1,43) ($p < 0,001$). De maneira semelhante, a frequência de MCN nos botões florais coletados no S1 (4,66) diferiu significativamente da frequência de MCN no S2 (2,90) no período de fevereiro de 2018 ($p = 0,034$). Ao longo do tempo, foi observado diferença significativa entre as frequências de MCN nos botões florais de ramos de *T. pallida* var. *purpurea* coletados no S1 ($p = 0,006$), bem como para o S2 ($p = 0,011$) (Tabela 1).

Em dezembro de 2017, a frequência de MCN do S2 foi inferior a 2,00 MCN, que são considerados como resultantes de mutações espontâneas que podem ocorrer na espécie também quando as plantas são mantidas em ambiente não poluído (PEREIRA *et al.*, 2013). Entretanto, em fevereiro de 2018, a frequência de MCN neste sítio foi superior a 2,00 MCN. Tal fato, pode estar relacionado ao aumento de fluxo veicular e consequente aumento das emissões de poluentes atmosféricos de maneira abrupta, devido ao início do período letivo, uma vez que as plantas do S2 estão localizadas em ambiente aberto no câmpus da universidade.

Tabela 1. Frequência de MCN em botões florais de *T. pallida* var. *purpurea* coletados em dois sítios da Região Metropolitana de Porto Alegre.

	Frequência de MCN (média \pm desvio padrão)			
	S1	S2	t	p
dezembro 2017	3,97 \pm 0,72	1,43 \pm 0,90	-6,906	<0,001
fevereiro 2018	4,66 \pm 2,02	2,90 \pm 1,35	-2,225	0,034
t	-1,029	-2,852		
p	0,006	0,011		

As frequências de MCN em células-mãe de grãos de pólen de *T. pallida* var. *purpurea* no biomonitoramento passivo foi relatada por Costa *et al.* (2016) em três municípios da RMPA (Canoas, Esteio e São Leopoldo) os quais apresentaram frequências de MCN de 3,01, 2,47, e 2,72, respectivamente. As frequências de MCN registradas em nosso estudo para S1 apresentaram dano genético considerável, uma vez que esses danos foram 1,5 vezes maiores do que os valores registrados por Costa *et al.* (2016).

Em nosso estudo, as frequências de MCN observados no S1 parecem estar associadas com o nível de poluição atmosférica, derivado, principalmente, pelo intenso tráfego veicular e aéreo, uma vez que no sítio de referência, S2, as frequências de MCN foram menores e o tráfego foi mais leve. No Estado de São Paulo, dois sítios de intenso tráfego veicular, Cerqueira César e Congonhas, foram avaliados pelo método passivo e as frequências de MCN observadas (2,3 e 4,4, respectivamente) indicaram que existe um potencial risco de genotoxicidade devido à alta concentração de poluentes (GUIMARÃES *et al.*, 2000). Crispim *et al.* (2012) avaliaram a qualidade do ar atmosférico no município de Dourados, (MG), região Centro-Oeste do Brasil, e verificaram uma relação entre a frequência de MCN com a intensidade do tráfego veicular de quatro áreas avaliadas no estudo.

Outros estudos de avaliação da qualidade do ar atmosférico com *T. pallida* var. *purpurea* na RMPA foram realizados pelo método ativo. Cassanego *et al.* (2015) avaliaram a qualidade do ar em áreas urbanas dos municípios de Taquara e Campo Bom, em que registraram valores de MCN que



variaram de 3,63 a 7,23, para Taquara, e de 2,80 a 4,90, para Campo Bom. Blume et al. (2014), avaliaram durante um ano o potencial genotóxico do ar atmosférico do município de Sapucaia do Sul, por meio do bioensaio Trad-MCN. Os autores verificaram diferença significativa entre as frequências de MCN de plantas expostas ao sítio amostral (variação de 4,77 a 8,28) e as frequências de MCN do controle negativo (variação de 1,23 a 1,93). Já Costa & Droste (2012) verificaram genotoxicidade do ar de um ambiente urbano no município de Estância Velha, em que as frequências de MCN variaram de 3,26 a 8,13, e de um ambiente rural de Novo Hamburgo, em que as frequências variaram de 1,03 a 1,26. Demais estudos no Brasil com o método de biomonitoramento ativo com *T. pallida* var. *purpurea* têm sido registrados e observado uma relação entre a frequência de MCN, tráfego veicular e emissão de poluentes atmosféricos (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2008; AMATO-LOURENÇO *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2017).

Rocco Junior (2008) avaliou a qualidade do ar do Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos, utilizando o bioensaio Trad-MCN, na qual foram expostas 15 floreiras com *T. pallida* var. *purpurea* no entorno do aeroporto e em pontos afastados do mesmo. O autor observou diferenças significativas nas frequências de MCN das plantas nos vasos do sítio localizado na pista do aeroporto em relação às frequências das plantas nos pontos mais afastados, em um bairro a 5 km de distância do aeroporto ($p=0,019$) e outro a 15 km do aeroporto ($p=0,01$).

3.3. Aborto Polínico

Em dezembro de 2017, as frequências de aborto polínico diferiram significativamente entre os S1 (4,033) e S2 (2,43) ($p=0,007$). Em fevereiro de 2018, as frequências de aborto polínico não diferiram significativamente entre os S1 (2,70) e S2 (1,97) ($p=0,051$). Ao longo do tempo, não houve diferença significativa nas frequências de aborto polínico no S2 ($p=0,270$). No entanto, as frequências de aborto polínico diferiram significativamente no S1 ($p=0,012$) (Tabela 2).

Tabela 2. Frequência de aborto polínico em grãos de pólen de *T. pallida* var. *purpurea* coletados em dois sítios da Região Metropolitana de Porto Alegre.

	Frequência de aborto polínico (média ± desvio padrão)		t	p
	S1	S2		
dezembro 2017	4,03±1,32	2,43±0,99	-3,063	0,007
fevereiro 2018	2,70±0,72	1,97±0,84	-2,089	0,051
t	2,799	1,135		
p	0,012	0,270		

A maior frequência de aborto polínico no S1 quando comparada à do sítio 2 na coleta de dezembro de 2017, pode estar relacionada ao fato de as plantas estarem expostas a uma concentração maior de poluentes atmosféricos em S1 do que em S2. Em Porto Alegre, o biomonitoramento da qualidade do ar atmosférico por meio da viabilidade polínica foi realizado utilizando grãos de pólen de *Bauhinia variegata* L. (pata-de-vaca), que mostrou uma relação significativa do aborto polínico com a concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), o fluxo veicular e a densidade populacional (FLECK *et al.*, 2014). Em São Paulo, grãos de pólen de *Bauhinia blakeana* D. foram utilizados para o bioensaio de viabilidade polínica, sendo observado o aumento da frequência de aborto polínico em locais com maiores concentrações de NO₂ e enxofre (CARNEIRO *et al.*, 2011).

No entanto, na coleta de fevereiro de 2018, apesar do valor da frequência de aborto polínico ter sido numericamente maior no S1 do que no S2, não diferiu significativamente entre os dois sítios. Em nosso estudo, a frequência de aborto polínico das plantas testadas como referência, providas de



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

S2, apresentou valores próximos nos dois períodos analisados. Apesar do gênero *Tradescantia* ter sido utilizado em estudo sobre viabilidade polínica (MISÍK *et al.*, 2015), se desconhece a existência de valor de referência para a frequência de aborto polínico em *T. pallida* var. *purpurea* considerada espontânea de ambiente não poluído. Misík et al. (2015) estudaram o efeito de drogas citostáticas em diferentes concentrações e tempos de exposições sobre a fertilidade polínica de quatro espécies, incluindo *Tradescantia paludosa* clone 03. O clone 03 de *Tradescantia paludosa* é uma herbácea estabelecida em estudos citogenéticos (MA, 1983; MOHAMMED & MA, 1999), apresenta baixa frequência de aberrações cromossômicas espontâneas, possui relativamente pequeno tamanho, fácil propagação assexuada e alto desenvolvimento dos ramos laterais (MA, 1982; MA, 1983). No estudo de Misík et al. (2015), a frequência de aborto polínico para o controle negativo deste clone variou de 2,23 a 3,57. Os valores em nosso estudo nos dois períodos analisados no S2 apresentaram-se dentro da faixa observados por Misík et al. (2015) para o controle negativo, e no S1, sítio de intenso tráfego veicular e aéreo, o mesmo foi observado no período de fevereiro.

4. CONCLUSÃO

O sítio de estudo, S1, localizado em Porto Alegre, próximo ao aeroporto, apresentou maior genotoxicidade, evidenciado por meio do bioensaio Trad-MCN, do que o sítio de referência, S2. A viabilidade polínica parece mostrar sensibilidade aos poluentes presentes no ambiente.

A continuidade do estudo se faz necessária para confirmar se há uma relação entre a poluição atmosférica e o aumento do aborto polínico, e de que forma esta relação se dá, bem como verificar a relação entre as fases fenológicas e os efeitos causados pelos poluentes atmosféricos sobre a planta.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS, pela concessão de bolsa PROBIC/FAPERGS ao primeiro autor, e à Universidade Feevale, pela infraestrutura e pela bolsa de Iniciação Científica concedida à segunda autora.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. S.; GIUSTI, P.M.; DOMINGOS, M.; SALDIVA, P.H.N.; GUIMARÃES, E.T.; LOBO, D.J.A.L. Estudo anatômico foliar do clone híbrido 4430 de *Tradescantia*: alterações decorrentes da poluição aérea urbana. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 567-576, 2001.

AMATO-LOURENCO, L.F.; LOBO, D.J.; GUIMARÃES, E.T.; MOREIRA, T.C.; CARVALHO-OLIVEIRA, R.; SAIKI, M.; SALDIVA, P.H.; MAUAD, T. Biomonitoring of genotoxic effects and elemental accumulation derived from air pollution in community urban gardens. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 1-7, 2016.

ANDRADE JÚNIOR, S. J.; SANTOS JÚNIOR, J.C.S.; OLIVEIRA, J. L.; CERQUEIRA, E. M. M.; MEIRELES, J.R. C. Micronúcleos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. *purpurea* Boom: alterações genéticas decorrentes de poluição aérea urbana. **Acta Scientiarum, Biological Sciences**, v. 30, p. 295-301, 2008.

BLUME, K. K.; COSTA, M.C.; CASSANEGO M.B.B.; DROSTE, A. Genotoxicidade do ar em área urbana na região metropolitana de Porto Alegre, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, p. 158-163, 2014.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2017. **Qualidade do Ar**. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em: 10 Out. 2017.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D. F. E NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, p. 465-473, 2003.

CARNEIRO, M.F.H.; RIBEIRO, F.Q.; FERNANDES-FILHO, F.N.; LOBO, D.J.A.; BARBOSA JR, F.; RHODENA, C.R.R.; MAUAD, T.; SALDIVA, P.H.N.; CARVALHO-OLIVEIRA, R. Pollen abortion rates, nitrogen dioxide by passive diffusive tubes and bioaccumulation in tree barks are effective in the characterization of air pollution. **Environmental and Experimental Botany**, v. 72, p. 272-277, 2011.

CARVALHO, H. A. A. *Tradescantia* como bioindicador vegetal na monitoração dos efeitos clastogênicos das radiações ionizantes. **Radiologia Brasileira**, v. 38, p. 459-462, 2005.

CARVALHO, R.M.; MACHADO, J.L.C.; AGUIAR, R.P.S.; MATA, A.M.O.F.; SILVA, R.R.; TEIXEIRA, J. S.; ALENCAR, M.V.O.B.; ISLAM, M.T.; MELO-CAVALCANTE, A.A.C. *Tradescantia pallida* as a biomonitoring tool to assess the influence of vehicle exhaustion and benzene derivatives. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, p. 280-287, 2017.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2017. **Emissão veicular**. Disponível: <<http://cetesb.sp.gov.br/veicular/>>. Acesso em: 10 Out. 2017.

CGNA. Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea, 2016. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2016**. Brasília.

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 Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, p. 801-806, 2012.

COSTA, G. M.; PETRY, C. M.; DROSTE, A. Active Versus Passive Biomonitoring of Air Quality: Genetic Damage and Bioaccumulation of Trace Elements in Flower Buds of *Tradescantia pallida* var. *purpurea*. **Water, Air & Soil Pollution**, p. 227-229, 2016.

CPCB- Central Pollution Control Board. **Annual Report 2011-2012**. 2012. Delhi: Central Pollution Control Board.

CPCB- Central Pollution Control Board. **Annual Report 2014-2015**, 2015. Delhi: Central Pollution Control Board.

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*. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, p. 1899-1906, 2014.

CRISPIM, B.A.; VAINI, J.O.; GRISOLIA, A.B.; TEIXEIRA, T.Z.; MUSSURY, R.M.; SENO, L.O. Biomonitoring the genotoxic effects of pollutants on *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt in Dourados, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, p. 718-723, 2012.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

CUNHA, R. M.P. **Estudo do Transporte de Poluentes na Região do Pólo Petroquímico, Localizado Em Triunfo-RS, 2002.** Disponível: [www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6325/000528464. ?sequence=1](http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6325/000528464.?sequence=1) . Acesso em: 26 jul. 2017.

DETRAN- Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul. **Frota do RS, 2017.** Disponível: <http://www.detran.rs.gov.br/conteudo/27453/frota-do-rs>. Acesso em 15 Out. 2017.

FEE. Fundação de Economia e Estatística, 2013. **Caracterização da Região Metropolitana de Porto Alegre.** Porto Alegre.

FERREIRA, C.C.M.; OLIVEIRA, D.E. Estimativa da poluição veicular e qualidade do ar nas principais vias do sistema viário da região central da cidade de Juiz de Fora –MG. **Revista do Departamento de Geografia**, v. especial, p. 98-114, 2016.

FLECK, A. S.; VIEIRA, M.; AMANTÉA, S.L.; RHODEN, C.R. A comparison of the human buccal cell assay and the pollen abortion assay in assessing genotoxicity in an urban-rural gradient. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, p. 8825-8838, 2014.

GUIMARÃES, E. T.; DOMINGOS, M.; ALVES, E. S.; CALDINI, N. JR., LOBO, D. J. A.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; SALDIVA, P. H. N. Detection of the genotoxicity of air pollutants in and around the city of São Paulo (Brazil) with the *Tradescantia* micronucleus (Trad-MCN) assay. **Environmental and Experimental Botany**, v. 44, p. 1–8, 2000.

KLUMPP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. (Eds.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. p.77-94.

KUHN, A. W. **Viabilidade polínica, genotoxicidade, efeito antiproliferativo e compostos fenólicos de *Peltodon longipes* Kunth ex Benth. (Lamiaceae).** Santa Maria, 58 p., 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.

MA, T. H. *Tradescantia* micronucleus bioassay and pollen tube chromatid aberration test for in situ monitoring and mutagen screening. **Environmental Health Perspectives**, v. 37, p. 85-90, 1981.

MA, T.H. *Tradescantia* cytogenetic tests (root-tip mitosis, pollen mitosis, pollen mother-cell meiosis). **Mutation Research**, v. 99, p. 293-302, 1982.

MA, T.H. *Tradescantia* micronuclei (Trad-MCN) test for environmental clastogens. In: KOLBER, A. R.; WONG T. K.; GRANT, L. D.; WOSKIN, R. S.; HUGHES, T. J. **In Vitro Toxicity Testing of Environmental Agents.** Springer, Boston, MA, 1983. p. 191-214.

MARKERT, B. Definitions and principles for bioindication and biomonitoring of trace metals in the environment. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 21, p. 77-82, 2007.

MATTHEWS, R. A.; BUIKEMA, A. L.; CAIRNS JR. Biological monitoring part IIA: Receiving system functional methods relationships, and indices. **Water Research**, v. 16, p. 129-139, 1982.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, v. 60, p. 101-139, 1989.

MICIETA, K.; MURÍN, G. Microspore analysis for genotoxicity of a polluted environment. **Environmental and Experimental Botany**, v. 36, p. 21-27, 1996.

MISÍK, M.; KUNDI, M.; PICHLER, C.; FILIPIC, M.; RAINER, B.; MISIKOVÁ, K.; NERSESYAN, A.; KNASMUELLER, S. Impact of common cytostatic drugs on pollen fertility in higher plants. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, p. 14730–14738, 2015.

MISÍK, M.; SOLENSKÁ, M.; MICIETA, K.; MISÍKOVÁ, K.; KNASMÜLLER, S. *In situ* monitoring of clastogenicity of ambient air in Bratislava, Slovakia using the *Tradescantia* micronucleus assay and pollen abortion assays. **Mutation Research**, v. 605, p. 1–6, 2006.

MOHAMMED, K.B.; MA, T.H. *Tradescantia*-micronucleus and -stamen hair mutation assays on genotoxicity of the gaseous and liquid forms of pesticides. **Mutation Research**, v. 426, p. 193–199, 1999.

OHE, T.; WATANABE, T.; WAKABAYASHI, K. Mutagens in surface waters: A review. **Mutation Research**, v. 567, p. 109-149, 2004.

PANIGO, E.; RAMOS, J.; LUCERO, L. E.; VEGETTI, A. The inflorescence in Commelinaceae. **Flora**, v. 206, p. 294-299, 2011.

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

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. **Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2017**. Disponível : <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/caracteristicas-gerais>>. Acesso: 15 Out. 2017.

ROCCO JUNIOR, J. **Efeitos da poluição atmosférica na área do Aeroporto Internacional de São Paulo- Guarulhos sobre ensaio de bioindicadores vegetais**. São Paulo, 112 p., 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

RODRÍGUEZ, Y. A.; CHRISTOFOLETTI, C. A.; PEDRO, J.; BUENO, O. C.; MALASPINA, O.; FERREIRA, R. A. C.; FONTANETTI, C. S. *Allium cepa* and *Tradescantia pallida* bioassays to evaluate effects of the insecticide imidacloprid. **Chemosphere**, v. 120, p. 438-442, 2015.

SAVÓIA, E.J.L.; DOMINGOS, M.; GUIMARÃES, E.T.; BRUMATI, F.; SALDIVA, P.H.N. Biomonitoring genotoxic risks under the urban weather conditions and polluted atmosphere in Santo André, SP, Brazil, through Trad-MCN bioassay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, p. 255-260, 2009.

SILVA, J.; ERDTMANN, B.; HENRIQUES, J. A. P. **Genética Toxicológica**. Porto Alegre: Alcance, 2003. 424 p.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012. 704 p.

SPOSITO, J. C. V.; FRANCISCO, L. F. V.; GRISOLIA, A. B. Efetividade do ensaio Trad-MCN para avaliação de contaminantes atmosféricos em regiões brasileiras. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 500- 512, 2017.

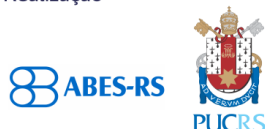
SUYAMA, F.; GUIMARÃES, E.T.; LOBO, D.J.A.; RODRIGUES, G.S.; DOMINGOS, M.; ALVES, E.S.; CARVALHO, H.A.; SALDIVA, P.H.N. Pollen mother cells of *Tradescantia* clone 4430 and *Tradescantia pallida* var. *purpurea* are equally sensitive to the clastogenic effects of X-rays. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 35, p. 127–129, 2002.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 31, p. 244-248, 2008.

THE WEATHER COMPANY. **Weather Underground**, 2017. Disponível: <<https://www.wunderground.com>>. Acesso: 16 Ago. 2017.

THEWES, M. R.; ENDRES JUNIOR, D.; DROSTE, A. Genotoxicity biomonitoring of sewage in two municipal wastewater treatment plants using the *Tradescantia pallida* var. *purpurea* bioassay. **Genetics and Molecular Biology**, v. 34, p. 689-693, 2011.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375