

# BIOMONITORAMENTO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS PROVENIENTE DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA NO MUNICÍPIO DE RUSSAS-CEARÁ

J. R. MOREIRA<sup>1</sup>, M. G. F. SOUSA<sup>1</sup>, J. A. H. AZEVEDO<sup>1</sup>, L. L. B. C. LUCENA<sup>2</sup>, E. T. GUIMARÃES<sup>3</sup>, A. C. SILVA<sup>1</sup>, R. S. ARAÚJO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Ceará

<sup>3</sup> Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo  
E-mail para contato: [reuben\\_moreira@hotmail.com](mailto:reuben_moreira@hotmail.com)

**RESUMO** – Neste trabalho realizou-se o biomonitoramento da qualidade do ar com *Tradescantia pallida* e a quantificação do material particulado fino e inalável (PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>) no centro urbano do município de Russas-Ce, numa região sob forte influência de indústrias cerâmicas. O aerossol urbano foi coletado entre os dias 11 e 24 de abril de 2014 utilizando um amostrador padronizado MiniVol para as partículas finas e uma bomba de baixa vazão para a determinação de fumaça negra (BS) e *black carbon* (BC). Os resultados obtidos mostraram concentrações médias de 31,2 µg.m<sup>-3</sup> para o PM<sub>10</sub> e de 15,8 µg.m<sup>-3</sup> para o PM<sub>2.5</sub>. Os valores de fumaça negra variaram entre 1,87 e 4,48 µg.m<sup>-3</sup> e o teor de *black carbon* a partir de BS mostrou concentrações entre 0,20 e 0,46 µg.m<sup>-3</sup>. Particularmente neste estudo observou-se que a frequência de ocorrência de micronúcleos no ponto controle e no sítio investigado não difere significativamente durante os dias de avaliação, provavelmente devido aos baixos níveis de poluição detectados no período em estudo.

## 1. INTRODUÇÃO

O Município de Russas está localizado a 162 km de Fortaleza, capital do Ceará. Esse município apresenta o maior número de cerâmicas vermelhas do Estado, correspondendo a aproximadamente 120 empresas. Após a consolidação do setor cerâmico o município passou por um processo de crescimento demográfico de seu centro urbano o que acarretou na incorporação das cerâmicas anteriormente localizadas na zona rural ao mesmo, conforme apresentado na Figura 2 (ASTERUSSAS, 2006). Em termos, este cenário contribui positivamente no risco à saúde de sua população, pois o município não apresenta uma política ambiental quanto à fiscalização dos resíduos gasosos poluentes liberados pelas cerâmicas para a atmosfera, dentre outros procedimentos que contribuem para um forte impacto ambiental causado por essa atividade industrial. A população muitas vezes desconhece a origem da significativa frequência de doenças respiratórias que ocorrem o município, e que podem trazer prejuízos posteriores à saúde humana individual, bem como a saúde coletiva.

A proposta de se utilizar plantas como ferramentas bioindicadoras, especificamente a espécie *Tradescantia pallida* para detectar as concentrações de poluentes atmosféricos pode se constituir em uma ferramenta prática útil para alertar a população e autoridades quanto ao risco de exposição a estas moléculas perigosas ou tóxicas. Com base nestas considerações este trabalho visa realizar o biomonitoramento associado a outras metodologias da qualidade do ar no centro urbano do município de Russas-CE, o qual se encontra sob forte influência das indústrias cerâmicas instaladas em sua região.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

O ponto amostrado está situado no Bairro Vila Ramalho (latitude 6.15249 e longitude - 94.55048), o qual fica próximo a uma rodovia estadual com fluxo de veículos. Nas proximidades existem cerâmicas que constantemente usam fornos intermitentes à lenha, e emite grandes quantidades de fumaça na atmosfera. O local é de fácil acesso estando situado no centro urbano da cidade de Russas (Figura 1).

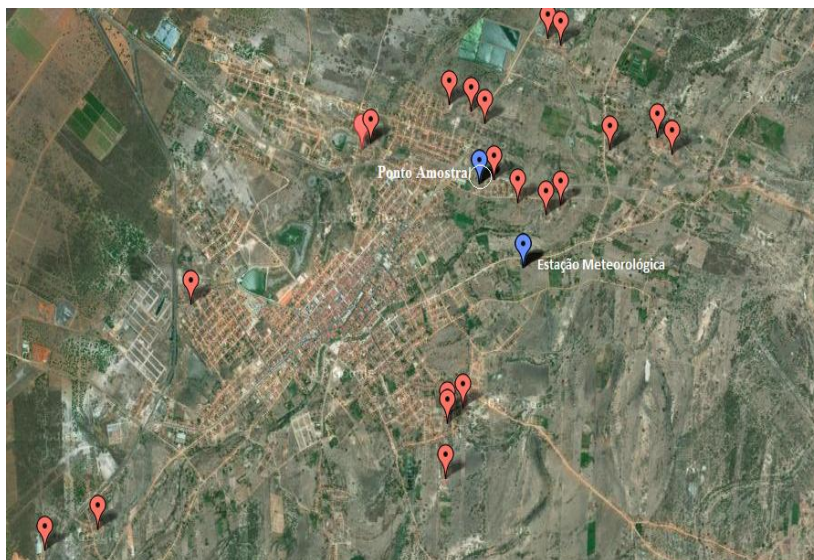


Figura 1 – Centro Urbano do Município de Russa-Ce com a localização do ponto amostral e estação meteorológica (marcadores em azul) e das cerâmicas (marcadores em Vermelho). Fonte: Google Earth.

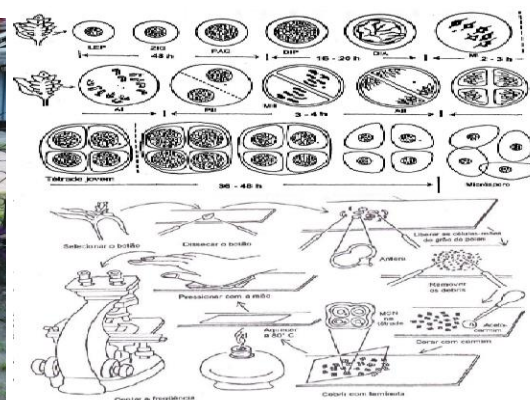
## 2.3 Testes de Genotoxicidade

As plantas utilizadas como bioindicadoras foram cultivadas no Centro de Convivência de Educação Ambiental – CCEA, no município de Limoeiro do Norte/CE, a 36 km do Município de Russas/CE. O CCEA é uma unidade de conservação da Caatinga, composto por exemplares de espécies nativas, vegetais e animais, desse bioma, o mesmo serve como controle negativo “Branco”. As plantas foram cultivadas em floreiras para serem transportadas para o local do experimento teste. Foram cultivadas 20 jardineiras contendo 5 mudas de *Tradescantia pallida* cada, todas receberam mesmo tratamento. Cerca de 50% das jardineiras foram transportadas para o local do experimento próximo as cerâmicas que recebem permanentemente a influência das fontes poluidoras a fim de avaliar os efeitos genotóxicos da poluição atmosférica, como apresentado na Figura 2a. As coletas de inflorescências foram realizadas durante os dias 11 a 24 de abril para qualificação e quantificação da frequência de micronúcleos, de forma que 20 inflorescências foram coletadas no experimento teste e 20 no controle negativo. O número de micronúcleos em 300 tétrades por lâmina foi contado por microscopia óptica em objetiva com aumento de 40x, segundo a técnica do bioensaio Trad-MCN.

O teste de micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN) é considerado por muitos pesquisadores como uma valiosa ferramenta de monitoramento devido à simplicidade metodológica e sensibilidade da planta à exposição aos agentes genotóxicos (ALVES *et al.*, 2011; SISENANDO *et al.*, 2009; GUIMARÃES *et al.*, 2000; BATALHA *et al.*, 1999). A visualização de micronúcleo a partir do teste Trad-MCN apresentado na Figura 3b após exposição a 140 tipos de substâncias mostrou concordância de resultado em 67% quando comparado aos obtidos a partir do teste de Ames, nas mesmas condições experimentais (MA *et al.*, 1984). Os micronúcleos são pequenos fragmentos do núcleo que se formam a partir da quebra cromossômica (processo clastogênico) ou perda de um cromossomo inteiro do fuso celular (processo aneugênico) durante a mitose (divisão celular), refletindo, portanto, a ocorrência de danos de caráter genotóxico (RODRIGUES *et al.*, 1997).



(a)



(b)

Figura 2 – (a) Ponto amostral com *Tradescantia pallida* localizado no bairro Vila Ramalho no centro urbano do município de Russas-Ce. (b) Esquema ilustrativo da preparação citológica dos botões florais de *Tradescantia* com células na fase de tétrades (MA, 1981). Fonte: adaptado pelo autor.

### 2.3.1 Análises estatísticas

O cálculo da frequência total de micronúcleos foi expresso em porcentagem de acordo com a Equação 1, e submetidos a análise de variância e teste de Dunnet a 5% de probabilidade.

$$MCN_{total} = \frac{\sum \left(\frac{M}{3}\right)}{n} \quad (1)$$

Onde: M é o número de micronúcleos contados por lâmina e n é o número total de lâminas analisadas por ponto.

### 2.4 Amostragem do aerossol

O aerossol urbano do centro do município de Russas foi coletado entre os dias 11 a 20 de abril de 2014 para o PM<sub>2,5</sub> e de 22 a 24 de abril de 2014 para PM<sub>10</sub>. Experimentalmente foram realizadas cinco coletas de PM<sub>2,5</sub> e duas coletas PM<sub>10</sub> utilizando o amostrador MiniVol (7 L/min) e cinco coletas de fumaça negra (BS) empregando uma bomba de amostragem de Ar SKC AirCheck a 2 L/min. O tempo de amostragem adotado foi de 24 horas em todos os ensaios, sendo usados filtros de PTFE para análise gravimétrica do material particulado e filtros de celulose para determinação de *black carbon* (BC).

Por outro lado, as condições meteorológicas têm bastante influência nas concentrações e distribuições de tamanho do aerossol, principalmente a umidade (MIRANDA, 2001a). As partículas higroscópicas sofrem processos de crescimento, podendo modificar as distribuições, tanto em termos de massa quanto as características de distribuição (MIRANDA, 2002b). A direção e velocidade dos ventos são também importantes, levando ou trazendo poluentes para outras regiões. Os parâmetros meteorológicos foram obtidos a partir de uma estação automática localizada no campo estadual do Município de Russas-CE.

#### 2.4.1 Análise do aerossol

O material particulado coletado foi analisado pelas técnicas de gravimetria para os materiais particulados finos e refletância para o teor de fumaça negra. A gravimetria consistiu na pesagem dos filtros antes e depois da amostragem, sendo a concentrações finais de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> obtidas segundo a Equação 2). A análise gravimétrica foi realizada no laboratório de Biologia do IFCE Campus Limoeiro do Norte utilizando-se uma balança eletrônica METTLER de precisão nominal de 0,01 mg. Para estimativa da concentração de fumaça negra por refletometria utilizou-se um aparelho Smoke Stain Reflectometer M-43 da Diffusion Systems, disponível no Laboratório de Tecnologia Química do IFCE Campus Fortaleza.

$$MP (\mu/m^3) = \frac{(m_f - m_i) \times 10^6}{V} \quad (2)$$

Onde: MP é a massa do material particulado (PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>) em  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ;  $m_i$  é a massa inicial dos filtros em grama;  $m_f$  é a massa final dos filtros após amostragem em grama;  $10^6$  é o fator de conversão de grama para micrograma e V é o volume total de ar amostrado em  $\text{m}^3$ .

Para estimativa do teor de *black carbon* (BC) utilizou-se a fórmula empírica abaixo (Equação 3), que consiste na determinação de BC diretamente a partir da refletância, conforme estabelecido por Loureiro *et al.*, (1994).

$$BC = \{81,953 - [71,832 \log(R) + 15,43 \log^2(R)]\} \frac{A}{V} \quad (3)$$

Onde: BC é a concentração de *black carbon* em  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ; R é a refletância %, A é a área do filtro em  $\text{cm}^2$  e V é o volume de ar amostrado em  $\text{m}^3$ .

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no biomonitoramento da qualidade do ar no centro do município de Russas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade do ar no centro do município de Russas durante o período de 11 a 24 de abril de 2014.

Dia de amostragem	PM <sub>2,5</sub> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Fumaça negra ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	<i>Black carbon</i> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	% Micronúcleos
11/04/2014	7,63	-	2,61	0,28	0
13/04/2014	30,5	-	4,48	0,46	0
16/04/2014	19,1	-	3,36	0,37	0
19/04/2014	19,2	-	2,61	0,28	0
20/04/2014	3,11	-	1,87	0,20	0
22/04/2014	-	32,8	-		0
23/04/2014	-	29,7	-		0

Em geral, conforme a Tabela 1, os valores de PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, fumaça negra e *Black carbon* encontrados foram bastantes inferiores aos estabelecidos na resolução CONAMA 03/1990 e no decreto estadual 5911/2013 da cidade de São Paulo, denotando no período uma baixa condição poluente na área sob estudo. Esta situação apresentou um reflexo positivo para o teste Trad-MCN) não sendo observado em nenhuma amostra indícios da forma de micronúcleos em *Tradescantia*.



A Figura 3 apresenta um histograma com as concentrações para o particulado fino  $PM_{2,5}$  e fumaça negra (BS), sendo possível verificar que as concentrações deste parâmetros são maiores no dia 13/04 em que os fornos da cerâmica estão funcionando, decaindo nos dias 11/04 e 20/04 em que não há produção.

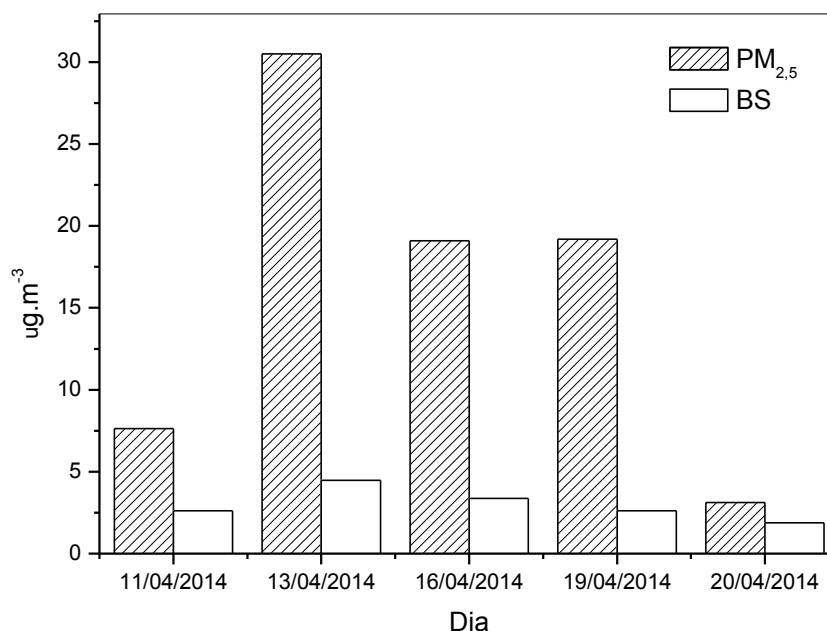


Figura 3 – Variações dos teores de  $PM_{2,5}$  e fumaça negra (BS) no centro do município de Russas durante o período de 11 a 24 de abril de 2014.

A partir dos dados obtidos observou-se que a frequência de micronúcleos no ponto controle e no experimento teste não diferiu significativamente durante os dias de avaliação. Resultado similar foi encontrado por Silva (2005), o que confirma a confiabilidade do uso de plantas bioindicadoras em regiões urbanas com baixos níveis de poluição.

Os dados meteorológicos no período mostraram temperaturas médias entre 28 e 32 °C, umidades médias entre 29 e 30 % e precipitações médias entre 0,0 e 2 mm. Em geral, em função do curto período amostrado não foram obtidas correlações consistentes entre estes parâmetros e os teores de material particulado, fumaça negra e *black carbon*.

## 4 CONCLUSÕES

Para o aerossol coletado no Município de Russas-CE foram encontradas concentrações médias de 31,2  $\mu\text{g.m}^{-3}$  para o  $PM_{10}$  e de 15,8  $\mu\text{g.m}^{-3}$  para o  $PM_{2,5}$ . Os valores de fumaça negra variaram entre 1,87 e 4,48  $\mu\text{g.m}^{-3}$  e o teor de *black carbon* a partir de BS mostrou concentrações entre 0,20 e 0,46  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . Particularmente neste estudo observou-se que a frequência de ocorrência de micronúcleos no ponto controle e no sítio investigado não difere significativamente durante os dias de avaliação, provavelmente devido aos baixos níveis de poluição detectados no período em estudo.

## 5 REFERÊNCIAS

ASTERUSSAS – Associação dos Fabricantes de Telhas de Russas-CE, 2006.

ALVES, N. O *et al.* Genotoxicity and composition of particulate matter from biomass burning in the eastern Brazilian. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, n. 74, p. 1427-1433, 2011.

BATALHA, J. R. F.; GUIMARÃES, E. T.; LOBO, D. J. A.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; DEUR, T.; CARVALHO, H. A.; ALVES, E. S.; DOMINGOS, M.; RODRIGUES, G. S.; SALDIVA, P. H. N. Exploring the clastogenic effects of air pollutants in São Paulo (Brazil) using the *Tradescantia* micronuclei assay. *Mutat. Res.* v. 426, p. 229-32, 1999.

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

MIRANDA, R. M. Caracterização físico-química e propriedades ópticas do aerossol urbano da Região Metropolitana de São Paulo. Tese de doutoramento apresentada ao IAG/USP, 2001a, 188p.

MIRANDA, R. M.; ANDRADE, M. F.; WOROBIEC, A.; VAN GRIEKEN, R. Characterization of aerosol particles in the São Paulo Metropolitan Area. *Atmospheric Environment*, v. 36, p. 345-352, 2002b.

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. *Mutat Res*, n.138, p157-167, 1984.

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

RODRIGUES, G. S; MA, T. H; PIMENTEL, D; WEINSTEIN, L. H. *Tradescantia* bioassays as monitoring systems for environmental mutagenesis: A review. *Crit Rev Plant Sci*, n. 16, p. 325-359, 1997.

SISENANDO, H. A.; BATISTUZZO DE MEDEIROS, S. R.; HACON, S. S. *Tradescantia pallida*: Mais do que uma linda flor, um importante bioindicador da qualidade ambiental. [www.sbg.org.br](http://www.sbg.org.br). v. 4, n. 2, p. 9-13, 2009.

SILVA, J. S. Efeitos genotóxicos em tétrades de *Tradescantiapallida* (Rose) D. R. Hunt var. *TTP rea* induzidos por poluentes atmosféricos na cidade de Salvador-BA. Monografia, Universidade Federal de Feira de Santana, Feira de Santana-BA, 2005.