

Sistemas Produtivos e Desenvolvimento Profissional: Desafios e Perspectivas**Validação De Amostrador De Ar Atmosférico Para Avaliação Das Emissões Poluentes Em Postos De Combustíveis**

MÔNICA BRISOLA

Fatec Sorocaba – São Paulo – Brasil

monicabrisolla@gmail.com

FRANCISCO TADEU DEGASPERI

Fatec São Paulo – São Paulo – Brasil

ftd@fatecsp.br

SILVIA PIERRE IRAZUSTA

Fatec Sorocaba – São Paulo – Brasil

silvia.pierre@hotmail.com

Resumo

O monitoramento da poluição atmosférica constitui importante ferramenta que auxilia na tomada de decisões, como a adoção de medidas de controle. Este projeto se propôs a validar a aplicação de um amostrador de ar, no monitoramento de emissões atmosféricas no ambiente ocupacional de postos de combustível da cidade de Sorocaba. Além da análise de material particulado (MP10) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAS), foi avaliada a mutagenicidade das amostras em *A. cepa* e *T. pallida*. Os resultados foram satisfatórios para o sistema de amostragem, permitindo a obtenção de amostras válidas. A análise de MP não apontou influência das emissões dos postos nos resultados, mas a exposição das plantas *T.pallida*, apontou significativa mutagenicidade. O extrato orgânico das amostra de hidrocarbonetos inibiu o crescimento das sementes de *A. cepa*.

Palavras-chave: amostrador de ar; MP10; saúde ocupacional; genotoxicidade; monitoramento ambiental.

Abstract

Monitoring of air pollution is an important tool that assists in making decisions such as adopting control measures. This project aimed to validate the application of an air sampler for monitoring of air emissions in the occupational environment of gas stations in the city of Sorocaba. In addition to the particulate material analysis (MP10) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), mutagenicity of samples in species *A. cepa* and *T. pallida* was evaluated. The results were satisfactory for the sampling system, enabling valid samples. The MP analysis showed no influence of gas stations emissions the results, but the exposure of *T.pallida* plants, pointed

out significant mutagenicity. The hydrocarbon sample inhibited the growth of seeds of *A. cepa*.

Keywords: air sampler; MP10; occupational health; genotoxicity; environmental monitoring.

1. Introdução

As grandes concentrações de poluentes atmosféricos representam um risco eminente para a saúde humana e para o bem estar de outros ecossistemas (KLUMPP et al., 2006; MARCILIO e GOUVEIA, 2007). Embora os resultados dessas exposições nem sempre sejam completamente conhecidos, diversos estudos epidemiológicos relatam correlações significativas entre diferentes níveis de poluições do ar e seus efeitos agudos, crônicos e deletérios aos organismos, principalmente aos seres humanos (SALDIVA et al., 1995; BRANCO e MURGEL, 2004; MOLINA e MOLINA, 2004; WILSON et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2006; MARCILIO e GOUVEIA, 2007).

A exposição ocupacional a agentes cancerígenos se tornou um tema importante no âmbito das políticas de saúde, pois a proteção à saúde dos trabalhadores é uma imposição legal e, por isso, presume-se que possa incorporar intervenções regulatórias mais efetivas (INCA, 2012). O exercício de atividades laborais em ambientes com riscos ocupacionais nem sempre está acompanhado do conhecimento do potencial danoso que esses agentes possuem. Exposições prolongadas a esses agentes, mesmo que em pequena quantidade, mas com probabilidade elevada de agravo a saúde, são de difícil percepção por parte do trabalhador (FIGUEIREDO et al, 2011).

A Exposição Ocupacional acontece quando o trabalhador, em sua atividade, entra em contato com substâncias que podem causar algum dano em seu organismo, sendo que os efeitos imediatos ou tardios são determinantes pelo manuseio da substância, o ambiente e as condições de trabalho (OGA, 2008).

No que se refere aos fatores químicos são inúmeros os agentes potencialmente tóxicos, aos quais se está exposto no dia a dia. Os trabalhadores de postos de combustíveis são exemplos de exposição diária que em, via de regra, é insalubre. Este grupo, em geral, não tem consciência dos riscos de exposição, em especial, à gasolina. Esse combustível tem composição variável, dependendo da fonte do petróleo e do refino, contudo, constitui-se principalmente de hidrocarbonetos alifáticos, podendo conter hidrocarbonetos aromáticos, como xileno, parafinas, natalinos, tolueno e benzeno, todos tóxicos para o organismo humano (OGA, 2008). Um dos poluentes mais estudados no Brasil, em termos saúde ocupacional é o benzeno, compreendido, entre os mais de 500 químicos que constituem a gasolina, e de conhecida ação cancerígena (KANE e NEWTON, 2010). A Agência Internacional de Estudos sobre o Câncer (IARC) estabeleceu, em 1983, que o benzeno é um agente cancerígeno do Grupo 1. Recente trabalho realizado com profissionais de postos de combustíveis em um município de Santa Catarina (KINAWI, et. al., 2014) estabeleceu associação entre hábitos ocupacionais e sintomas de intoxicação pelo benzeno e chama a atenção para a necessidade

imediate de se ampliar o debate sobre a implantação de medidas preventivas e educativas no âmbito do comércio de combustíveis a varejo. Além disso, é importante o cumprimento da legislação de monitoramento da saúde e do ambiente dos trabalhadores desta atividade.

Dentre os bioensaios considerados ideais na identificação da poluição atmosférica, o bioensaio de micronúcleos com a *Tradescantia pallida* (Trad-MCN) (MA, 1981; MA et al., 1994) é considerado um dos mais sensíveis e eficientes para a detecção de agentes genotóxicos no ar (MA, 1983; ENNEVER et al., 1988; RODRIGUES et al., 1997; SALDIVA et al., 2002; DE ANDRADE et al., 2008). Este bioensaio se baseia na formação de micronúcleos em células mãe dos grãos de pólen presentes nos botões florais de inflorescências jovens de *Tradescantia* expostas a poluição ambiental (MA, 1981; RODRIGUES et al., 1997; KLUMPP et al., 2006). Numa recente revisão, MISIK e colaboradores (2011) avaliaram que os efeitos de certas toxinas, metais pesados, radionuclídeos, pesticidas e poluentes atmosféricos podem ser facilmente detectados por meio deste teste. Já, a espécie *Allium cepa* tem sido utilizada como organismo teste em diversos trabalhos, a fim de identificar químicos potencialmente genotóxicos e mutagênicos (MATSUMOTO et al., 2006; FERNANDES et al., 2007; LEME; MARIN-MORALES, 2008; BIANCHI et al., 2015).

Este trabalho se propôs a validar o amostrador de ar construído no laboratório (Fatec-SP\ Fatec-So) e avaliar os impactos de emissões atmosféricas em postos de gasolina, por meio destes bioensaios, bem como, associá-los com medidas analíticas de Material Particulado (MP) por meio de microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

2. Método

2.1 Sítios de Amostragem

A região do estudo foi o bairro alto da Boa vista em Sorocaba-SP, com quatro locais de amostragem, incluindo o campus da Faculdade.

Foram realizados dois tipos de estudo, um realizado com o coletor de ar, por meio da avaliação da presença de metais no Material Particulado dos filtros de papel utilizados para coleta das amostras; o outro foi pela exposição de vasos de *Tradescantia pallida*, no ambiente ocupacional (Figura 1 a e 1 b). As plantas foram distribuídas em três postos de combustíveis e no campus da Fatec-So, conforme mostra a Figura 1a e b. O filtro acondicionado no coletor de ar ficou exposto durante seis horas nos três postos e no campus.

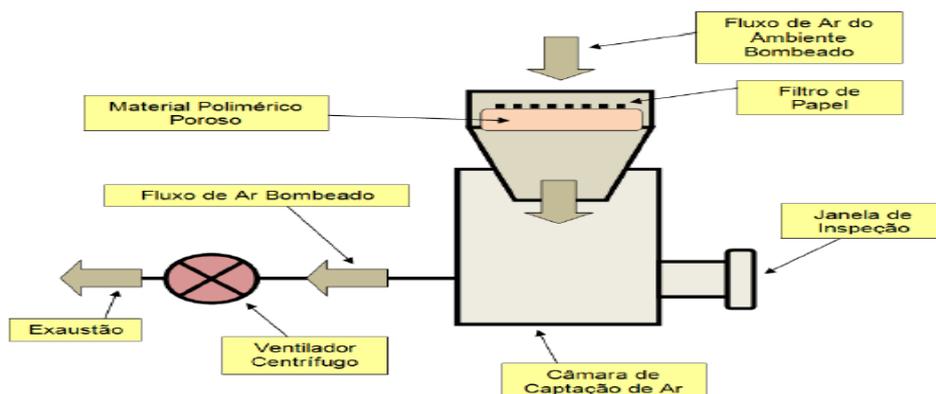
Figura 1 – Amostrador em funcionamento. a) ao lado das bombas de combustíveis. b) o equipamento no sítio controle (Fatec-SO),



2.2 Descrição do Arranjo Experimental

A amostragem de ar foi realizada por meio de um arranjo experimental construído em PVC. O material usado é de fácil limpeza e garante a higiene adequada ao tipo de trabalho biológico. A figura 2, a seguir, mostra esquematicamente o circuito da ventoinha usada para a movimentação do material a ser analisado.

Figura 2 – Esquema do sistema de captação de ar atmosférico



2.3. Microscopia Eletrônica de varredura (MEV)

Utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura localizado no Laboratório Multiusuário de Caracterização de Materiais da UNESP- Campus Sorocaba, gentilmente cedido pela prof^a. Dr^a Elidiane Cipriano Rangel, e sob orientação do Químico Rafael Parra Ribeiro. Metade de cada filtro exposto foi analisada no MEV e metade foi reservada para realização da destilação e extração de material orgânico não volátil para exposição das sementes de *A. cepa*. Os filtros foram posicionados na câmara da amostra, compartimento onde são inseridas as amostras para confecção da análise, indicados na Figura 3.

Figura 3 - Compartimento onde as amostras são inseridas no MEV



A análise foi realizada a baixo vácuo, através de elétrons retroespalhados, e a Eletroscopia de Energia Dispersiva (E.D.S.) foi utilizada para verificar a composição das partículas contidas nos filtros analisados.

2.4 Ensaio da *T. pallida*

Inicialmente, com o auxílio de uma pinça histológica e de uma agulha fina foi realizado o procedimento de dissecação da inflorescência, tendo como meta a retirada do botão que apresentasse células- mãe de grãos de pólen em estágio de tétrades. O botão escolhido recebeu duas gotas de carmin acético 2%, foi dissecado e posteriormente macerado, todos os “debris” (fragmentos celulares resultantes da maceração do botão) foram retirados antes que a lamínula fosse colocada. Após a observação da presença da célula em fase tétrades, com auxílio da objetiva 400 X do microscópio óptico, coloca -se a lamínula e flamba-se na lâmina por quatro vezes sobre a chama do bico de Bunsen (70°C) a fim de se fixar células na lâmina e permitir a evaporação do excesso de corante, com isso a visualização dos componentes celulares na lâmina melhora, na Figura 4 é representa passo a passo a confecção da lamina como descrito no procedimento.

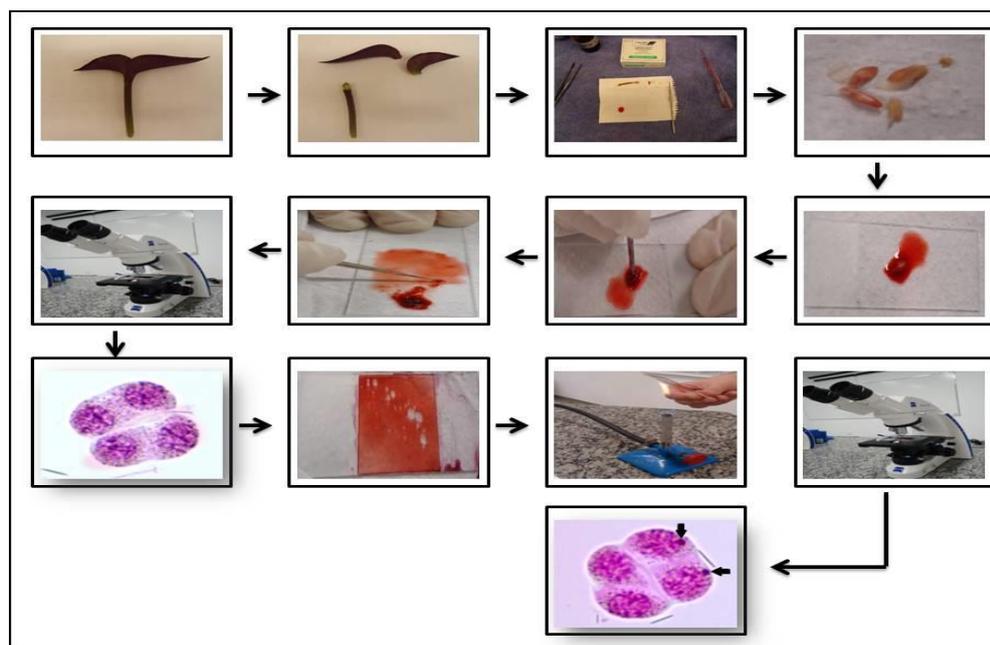
2.5. Ensaio com *Allium cepa*

2.5.1. Destilação

Procedeu-se a destilação das metades restantes de cada filtro com 60 mL de diclorometano (DCM) por teste. A solução resultante da extração secou em geladeira, após, as partículas foram ressuspensas em 8 mL de dimetilsulfóxido (DMSO). As sementes de cebola foram postas a germinar com o extrato ressuspenso em DMSO.

2.5.2. Ensaio com *Allium cepa*

Sementes de *Allium cepa* (100 por placa de Petri) foram submetidas à germinação, em água destilada e nas amostras, em temperatura ambiente, A água destilada foi utilizada como controle negativo e uma solução de trifluralina 0,84ppm foi utilizada como controle positivo. Após as raízes atingirem aproximadamente 2 cm, as raízes foram cortadas e colocadas em fixador Carnoy. As raízes fixadas foram coradas com reativo de Schiff, O efeito genotóxico foi avaliado pela quantificação de aberrações cromossômicas e as análise dos efeitos mutagênicos foi feito por meio da observação e contagem de células micronucleadas (MAZZEO e MARIN-MORALES, 2015). Todos os resultados obtidos foram comparados com o controle negativo por meio do teste estatístico de ANOVA não paramétrico pós teste de DUNNET, com intervalo de confiança de 95%.

Figura 4- Representação esquemática para a confecção da lamina.

3. Resultados e Discussão

3.1 Dos filtros

O ambiente dos postos de combustíveis propicia aos trabalhadores frentistas inúmeros riscos e agravos à saúde, os quais devem ser considerados ofensivos ao processo saúde-doença do profissional exposto, e nesse conjunto, atenta-se para os produtos químicos a que os frentistas estão expostos, como os hidrocarbonetos aromáticos, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX), constituintes da gasolina e de solventes químicos (INCA, 2005). O agente químico benzeno, que apresenta altos riscos à saúde humana mesmo em pequenas quantidades, está presente no ar atmosférico por meio da fumaça de cigarro, da gasolina, das emissões de motores automotivos, dos postos de abastecimento de combustíveis, das indústrias químicas, entre outros (FERREIRA et al, 2001). Considera-se, ainda, que as principais fontes de emissão do benzeno são predominantemente veiculares (BRASIL, 2001).

Um estudo realizado em postos de combustíveis localizados na cidade do Rio Grande-RS (ROCHA et.al., 2014), demonstrou que dos EPIs recomendados para trabalhadores de postos de combustíveis, especialmente frentistas, usavam, na grande maioria apenas botinas (91,4%) e avental (40,3%), sendo que os demais itens, como luvas, óculos, máscaras, etc, apresentaram números desprezíveis.

Em nosso estudo, a observação dos locais, nos dias de coleta, nos permitiu tirar conclusões semelhantes às dos autores citados, indicando um comportamento característico entre esta categoria de profissionais.

A expressão material particulado (MP) refere-se à uma mistura complexa de aerossóis (partículas muito pequenas e gotículas líquidas) que, em grandes concentrações, tornam-se muito nocivas ao ser humano. Partículas pequenas que só podem ser detectadas por microscopia eletrônica (USEPA, 2011). O tamanho das partículas está diretamente relacionado com o potencial de dano à saúde humana. As mais prejudiciais são as partículas de 10 micrometros de diâmetro ou

menores, pois essas são as que atravessam as vias nasais e a garganta, chegando até os pulmões. Uma vez inaladas, tais partículas interferem nas trocas gasosas, afetando os pulmões e o coração (CASTANHO et al. 2000; ALGRANTI et al, 2005)

No presente estudo, a avaliação do MP, pela análise dos filtros por MEV, permitiu observar grande quantidade de partículas depositadas na superfície dos filtros, diferente do controle (não exposto, figura 5), que continha apenas Carbono (C) e Oxigênio (O), elementos próprios da composição do papel (celulose), como é mostrado na Figura 6. Os sítios estudados apresentaram em suas análises, além de carbono e oxigênio, os elementos Silício (Si), Alumínio (Al), Sódio (Na), Potássio(K) e Cálcio (Ca), Ferro (Fe), Magnésio (Mg), Enxofre (S) e Titânio (Ti). O Silício encontrado, pode ser proveniente do solo, já que na natureza, o silício é encontrado em praticamente todas as rochas, areias, barros e solos. Combinado com o oxigênio, o Si forma a sílica (SiO_2 - dióxido de silício), com outros elementos (como, por exemplo, alumínio, magnésio, cálcio, sódio, potássio ou ferro), pode formar silicatos (PEIXOTO, 2001).

Figura 51 - Análise por MEV do filtros.Filtro não exposto.

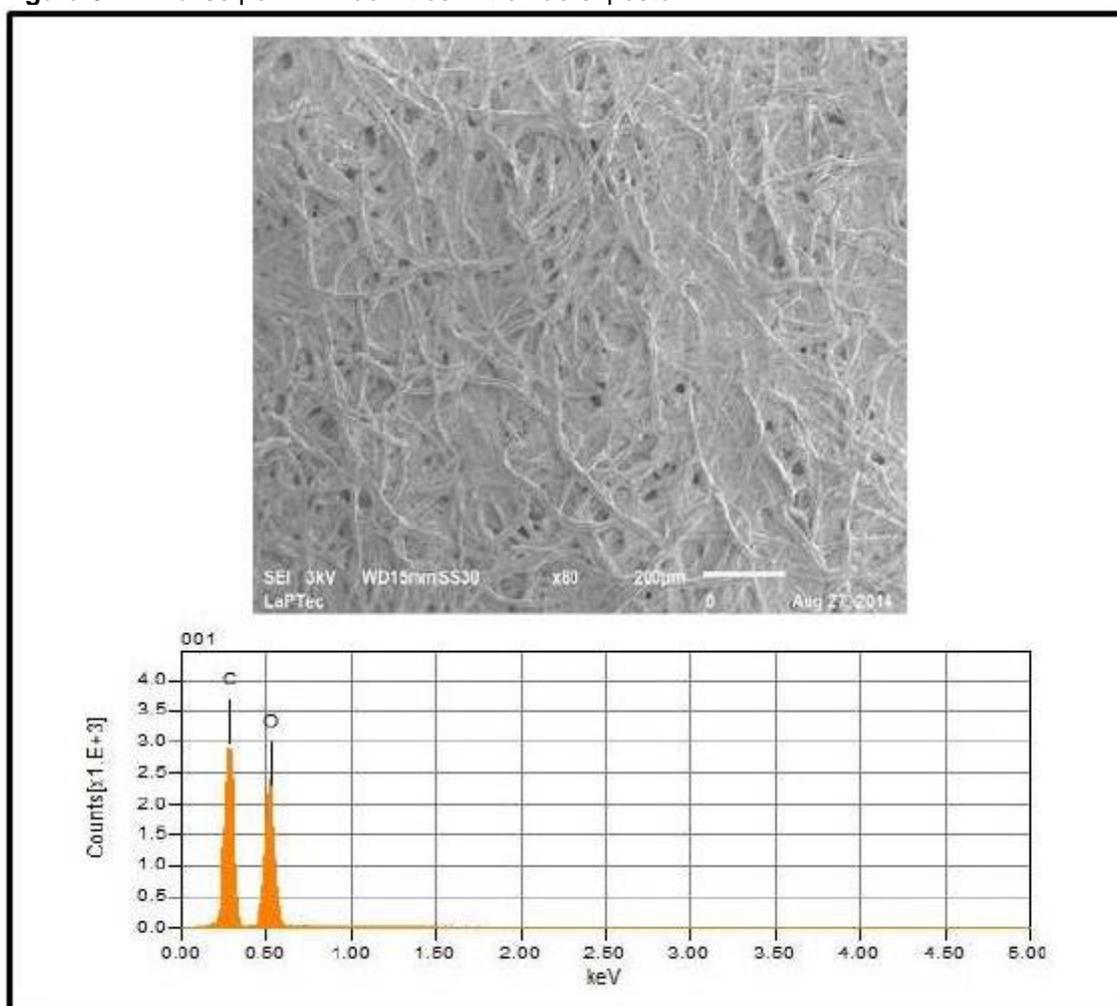
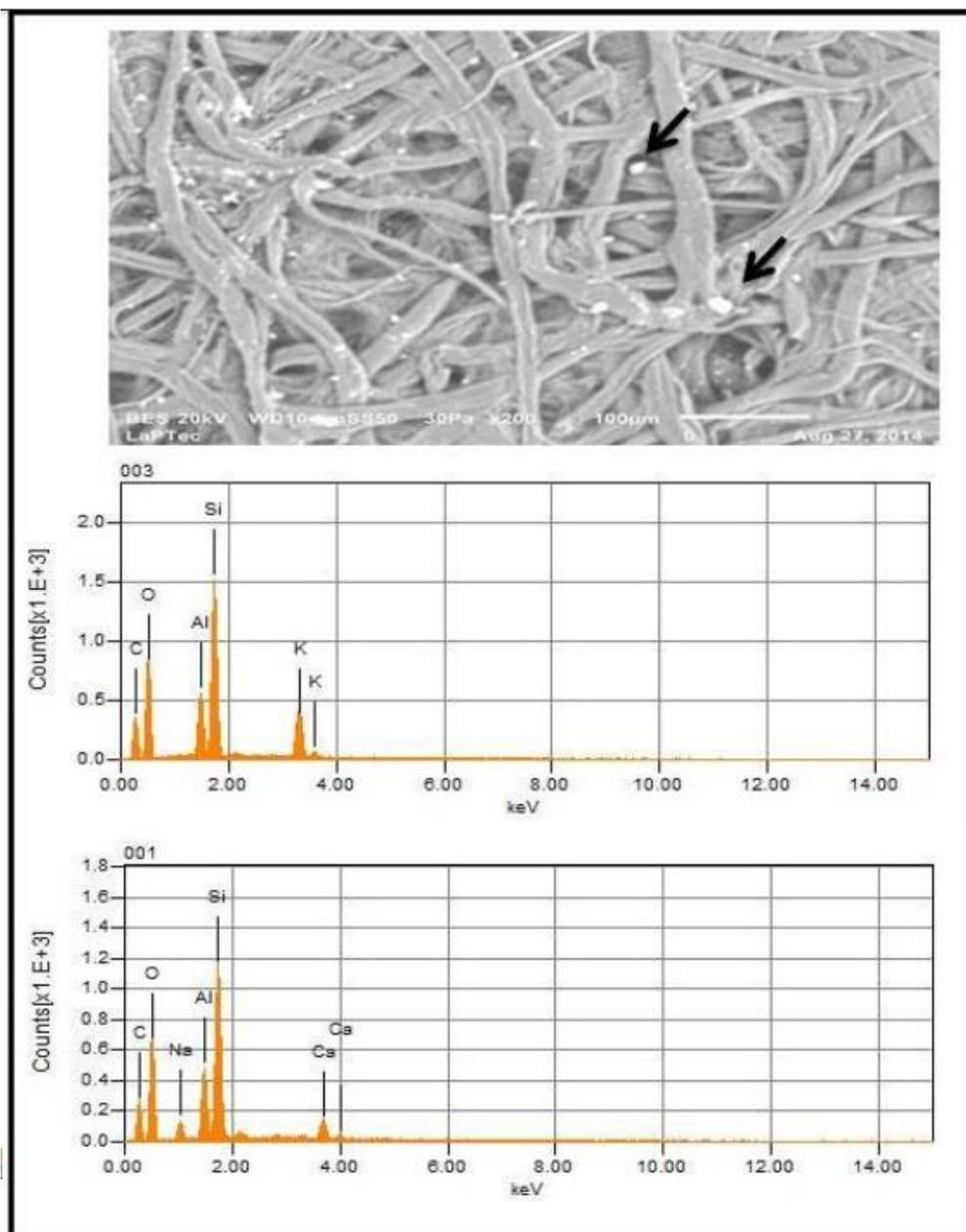


Figura 6- Filtro1 exposto no ponto 1



Os elementos Cálcio (Ca) e Potássio (K) foram identificados nos três sítios de amostragem. Diversos autores como VALLIUS et al. (2005), LIU et al. (2005) e VIANAET et al. (2008) relacionaram os elementos Al, Ca, Fe e K presentes no MP como contribuição de emissões do solo. Dentre as fontes de contribuição provenientes do solo incluem emissões de pedreiras, construção civil e ressuspensão de partículas do solo de vias pavimentadas ou não, portanto ao encontrar esses elementos em todos os sítios estudados percebemos que eles são originadas da ressuspensão de partículas do solo.

O Enxofre provavelmente relaciona-se com emissões originadas da queima de óleo diesel, já que, durante a combustão, boa parte do enxofre se oxida formando SO_2 , que por sua vez, será emitido pelos escapamentos dos automóveis (CAPANA, 2008). O enxofre no óleo diesel resulta diretamente nas emissões de dois poluentes primários: dióxido de enxofre (SO_2) e material particulado (MP). O SO_2 constitui um poluente atmosférico importante por ser formador da chuva ácida,

ao reagir na atmosfera, com moléculas de água, resultando na formação de ácido sulfúrico, que traz efeitos danosos para a saúde dos ecossistemas (CAPANA, 2008).

No escapamento, o íon sulfato é um importante iniciante de formação de partículas. Neste local os gases podem condensar, permitindo a formação e a emissão de pequenas partículas – aquelas mais perigosas para a saúde humana. Um outro ponto negativo é que os compostos de enxofre formados aumentam a massa de MP particulado produzido em uma proporção direta com a quantidade de enxofre no combustível (CAPANA, 2008).

Atividades intensas de metalurgia, a siderurgia e a fundição tipicamente são fonte potencialmente poluidoras de Fe e Al, ou seja, a atividade industrial, foi a influência antrópica mais significativa nos resultados deste estudo, corroborando com os dados publicados por FERREIRA et al., (2013). Outro trabalho recente (MAGALHÃES et al., 2010), realizado em Ouro Preto-MG, demonstrou que as presenças de uma fábrica de ferro-ligas e de outra de alumínio próximas aos locais de amostragens contribuíram fortemente para as altas concentrações de Ferro e Alumínio no MP. Estes dados parecem ser compatíveis com a influência antrópica da atividade de metalurgia da região estudada neste trabalho.

O Titânio metálico não é encontrado livre na natureza, porém é o nono elemento químico em abundância na crosta terrestre e está presente na maioria das rochas ígneas e sedimentares provenientes do intemperismo sobre as rochas portadoras de minerais de titânio. Minerais de titânio, particularmente ilmenita e rutilo, constituem as matérias primas mais demandadas pela indústria de transformação (BRASIL, 2010). Neste caso também, a sua presença pode estar relacionada com a forte atividade de processos metalúrgicos, como usinagem de ligas metálicas, uma vez que a região em estudo é próxima ao principal bairro industrial, onde se concentra a atividade metal/mecânica do município.

A presença do zinco na amostra também se justificaria pela atividade industrial relatada acima. Além disso, o óxido de zinco é um ingrediente necessário na fabricação da borracha que é usada para fabricar pneus, e à medida que os pneus se desgastam, pequenas quantidades desses compostos de zinco são liberados no meio ambiente, fato que relaciona-se diretamente com os nossos achados de coletas nos postos de combustíveis. O zinco, no entanto, é continuamente mobilizado e transportado no meio ambiente, como resultado dos processos naturais de erosão, incêndios das florestas, formação e aerossol acima do mar, erupções vulcânicas e atividade biológica e portanto, não constitui uma emissão exclusivamente de natureza antropogênica (ICZ, <http://www.icz.org.br/zinco-meio-ambiente.php>).

O Cerio foi encontrado apenas numa amostra. Este elemento é utilizado em diversas reações catalíticas, principalmente no craqueamento do petróleo e, recentemente, na redução das emissões veiculares (BRAUN et al., 2003; ALTIN et al., 2008). Tais catalizadores, em particular, podem ser produzidos a partir da fixação de CeO₂ em substratos cerâmicos porosos, por onde fluem os produtos da exaustão oriundos da combustão, ou a partir da adição de CeO₂ na forma de compostos organometálicos ao combustível. Esse óxido favorece a degradação dos produtos vindos da queima incompleta do combustível (RANGEL et al., 2003; XU et al., 2004). O Cério encontrado na amostra analisada provavelmente constitui um resíduo deste catalisador. Sua toxicidade é de moderada a baixa (CORONADO et al., 2002) porém estudos mostraram que trabalhadores expostos ao Cério apresentaram coceiras, sensibilidade ao calor e lesões na pele (CORONADO et al.,

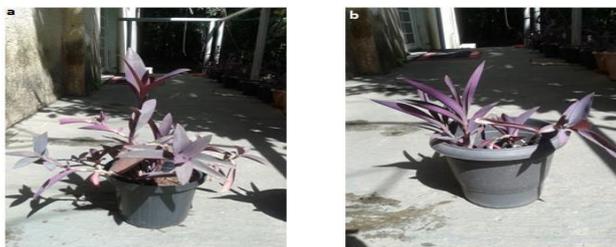
2002). Há evidências, contudo de efeito genotóxico do nano-CeO₂, (não significativo, quando do micro-CeO₂). O dano ao DNA via stress oxidativo induzidos pelo nano CeO₂ foi demonstrado (BENAMEUR et al., 2014).

Em conjunto, os elementos encontrados pouco se relacionam com a atividade ocupacional dos locais, exceto pelo enxofre e o cerio, mas de outro modo, se correlacionam diretamente com a atividade industrial da região, esta última, representada principalmente, pelo ramo metalúrgico.

3.2 Dos ensaios em *T. pallida*

Visualmente pôde-se constatar anomalias quanto à forma, tamanho e coloração das folhas da *T. pallida* expostas (Figura 7). Além disso, estas apresentaram crescimento muito rápido e produziram inflorescências de forma mais rápida que os seus pares não expostos.

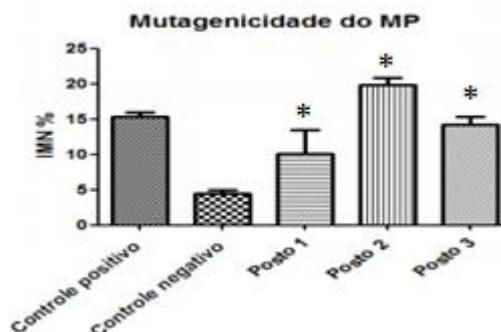
Figura 7 – Comparação das características de vasos do bioindicador vegetal .a) *T. pallida* exposta a emissões de combustíveis.b) Vaso de *T. pallida* não exposto



3.4. Da Análise de Mutagenicidade do Ar Ambiental com *Tradescantia pallida*

Os dados aqui apresentados indicam fortemente os impactos das emissões no ambiente de trabalho avaliado, já que os índices de micronúcleo (IMN) quantificados nas inflorescências coletadas nos vasos expostos nos postos foram significativamente superiores ao IMN do controle negativo (Figura 8).

Figura 8- Análise de Mutagenese do Ar Ambiental em *T.pallida*



3.5 Dos ensaios com *Allium cepa*

Quando as sementes de *A. cepa* foram colocadas em contato com o extrato orgânico, apresentaram índice de germinação igual a zero, isto é, não germinaram..O mesmo resultado foi visto quando as sementes de cebola foram expostas apenas ao dimetilsulfóxido (DMSO), diluente das amostras. Portanto, até o momento, conclui-se que o DMSO, influi, de alguma maneira no crescimento das raízes.

4. Considerações finais

Em conjunto, os resultados apresentados permitem as seguintes conclusões:

- O amostrador desenvolvido para este estudo foi validado, como ferramenta para a coleta e análise do ar outdoor, podendo ser, também, empregado para amostras indoor.
- A análise de MP por MEV, detectou elementos não relacionados às emissões veiculares, mas sim, às emissões industriais da região em estudo.
- A exposição do bioindicador *T. pallida* apontou significativa atividade mutagênica nos postos, quando comparada ao campus. Este dado permite inferir que, apesar da ausência de elementos tóxicos, a associação dos mesmos na amostra ambiental, pode ser responsável pela toxicidade crônica, reforçando a necessidade do uso de EPIs
- O extrato orgânico obtido a partir dos filtros inibiu 100% da germinação das sementes de *A. cepa*, possivelmente decorrente do diluente DMSO.

Referências

- ALGRANTI, E.; DE CAPITANI, E. M.; CARNEIRO, A. P. S.; SALDIVA, P. H. N. Patologia respiratória relacionada com o trabalho. In: MENDES, R. Patologia do trabalho. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 1329-1398.
- ALTIN, R.; ÇETINKAYA, S.; YUCESU, H. S.; Energ. Convers. Manage. 200, 42, 529. In: GOMES, L. F. Compostos de cério como redutores de fuligem no uso do biodiesel como combustível. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.
- BIANCHI, J.; MANTOVANI, M. S.; MORALES, M. A. M. Analysis of the genotoxic potential of low concentrations of Malathion on the *Allium cepa* cells and rat hepatoma tissue culture. Journal of Environmental Sciences, v. 36, n. 1, p. 102–111, 2015.
- BRANCO, S. M.; MURGEL, E. Poluição do ar. Série Polêmica. 2 ed., Ed. Moderna, 2004. 112p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Área Técnica de Saúde do Trabalhador. Cadernos de Atenção Básica: Programa Saúde da Família. Brasília (DF): MS; 2001.
- BRAUN, S.; APLE, L. G.; SCHMAL, M.; Quím. Nova. 2003, 27, 472. In: GOMES, L. F. Compostos de cério como redutores de fuligem no uso do biodiesel como combustível. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.
- CAPANA, H. G.; Estudo do impacto do enxofre presente no diesel na emissão de poluentes e em tecnologia de pós tratamento de gases de escape. São Paulo, 2008.
- CASTANHO, A. D. A. A determinação quantitativa de fontes de material particulado na atmosfera da cidade de São Paulo. São Paulo, 2000. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo.
- CORONADO, J. M.; MAIRA, A. J.; MARTÍNEZ-ARIAS, A.; CONESA, J. C.; SORIA, J. EPR study of the radicals formed upon UV irradiation of ceria-based photocatalysts. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. Volume 150, Issues 1–3, 26 July 2002, Pages 213–221
- ENNEVER, F. K.; ANDREANO, G.; ROSENKRANZ, H. S. The ability of plant genotoxicity assay to predict carcinogenicity. Mutation Research, Amsterdam, v. 205, n. 1-4, p. 99-105, 1988.
- FERNANDES, T. C. C.; MAZZEO, D. E. C.; MARIN-MORALES, M. A. Mechanism of micronuclei formation in polyploidized cells of *Allium cepa* exposed to trifluralin herbicide. Pesticide Biochemistry and Physiology, San Diego, v. 88, n. 3, p. 252- 259, 2007.

FERREIRA MC, FREIRE ON. Carga de trabalho e rotatividade na função de frentista. *Rev Adm Contemp.* 2001 Mai-Ago; 5(2):175-200.

FERREIRA, B.A.; VILELA, P.R. ; , DE OLIVEIRA, R.C.;, DA CUNHA, C.H.; NOGUEIRA, S.A.; MELO, A. C. BBR - *Biochemistry and Biotechnology Reports.* Edição Especial, v. 2, n. 2, jun., p. 140-142, 2013.

FIGUEIREDO GM, TRAPE AZ, ALONZO HA. Exposição a múltiplos agrotóxicos e prováveis efeitos a longo prazo à saúde: estudo transversal em amostra de 370 trabalhadores rurais de Campinas (SP). *Rev Bras Med Trab.* 2011;9(1):1-9.

ICZ. O Zinco e o meio Ambiente. Disponível em: < <http://www.icz.org.br/zinco-meio-ambiente.php>>. Acesso em: 25 nov.2014.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Diretrizes para a vigilância do câncer relacionado ao trabalho. Rio de Janeiro: Inca; 2012. 187 p.

DE ANDRADE JÚNIOR, S.J.; SILVA SANTOS JÚNIOR, J.C.; CERQUEIRA, M.; MORAES, E.; 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*, Maringá, v. 30, n. 3, p. 295-301, 2008.

KANE E.V., NEWTON R. Occupational exposure to gasoline and the risk of non-Hodgkin lymphoma: a review and meta-analysis of the literature. *Cancer Epidemiol.* Oct;34(5):516-22, 2010.

KINAWY A.A.; EZZAT, A.R.; AL-SUWAIGH, B.R. Inhalation of air polluted with gasoline vapours alters the levels of amino acid neurotransmitters in the cerebral cortex, hippocampus, and hypothalamus of the rat. *Exp Toxicol Pathol.* Aug;66(5-6):219-224, 2014

KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G.; CALATAYUD, V.; GARREC, J. P.; HE, S.; PEÑUELAS, J.; RIBAS, A.; RO-POULSEN, H.; RASMUSSEN, S.; SANZ, M. J.; VERGNE, P. *Tradescantia* micronucleus test indicates genotoxic potential of traffic emissions in European cities. *Environmental Pollution*, Barking, v. 139, n. 3, p. 515-522, 2006.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. Chromosome aberration and micronucleus frequencies in *Allium cepa* cells exposed to petroleum polluted water – a case study. *Mutation Research*, Amsterdam, v.650, p.80-86, 2008.

LIU, W.; WANG, Y.; RUSSELLB, A.; EDGERTON, E.S. Atmospheric aerosol over twourban–rural pairs in the southeastern United States: Chemical composition and possiblesources. *Atmospheric Environment*, v. 39, p. 4453-4470, 2005.

MA, T. H. *Tradescantia* micronuclei (Trad-MN) test for environmental clastogens. In: Kolber, A. R.; Wong, T. K.; Grant, Lester D.; DeWoskin, Robert S. & Hughes, J. T. *In vitro* toxicity testing of environmental agents. Ed. Plenum Publishing Corporation, New York, 1983, p. 1191-214.

MA, T. H.; CABRERA, G. L.; CEBULSKA-WASILEWSKA, A.; CHEN, R.; LOARCA, F.; VANDENBER, A. L.; SALAMONE, M. F. *Tradescantia* stamen hair mutation bioassay. *Mutation Research*, Amsterdam, v. 310, n. 2, p. 211-220, 1994.

MAGALHÃES, L.C.; NALINI JUNIOR, H.A.; Lima, A. C.; COUTRIM, M.X, Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em Ouro Preto . *Quim. Nova*, Vol. 33, No. 3, 519-523, 2010.

MARCILIO, I.; GOUVEIA, N. Quantifying the impact of air pollution on the urban population of Brazil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 529-536, 2007.

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 effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v.29, p.148–158, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Contrato Nº 48000.003155/2007-17: Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010-2030) de geologia, mineração e transformação mineral.,v. 4, fev.2010.

MOLINA, M. J.; MOLINA, L. T. Megacities and atmospheric pollution. *Journal of the Air and Waste Management Association*, Pittsburgh, v. 54, n. 6, p. 644-680, 2004.

NASCIMENTO, L. F. C.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; MÓDOLO, M. C. C.; CARVALHO, J. R. J. A. Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil em São José dos Campos, SP. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 77-82, 2006.

OGA, S. Fundamentos da Toxicologia. 2 ed. São Paulo: Etheneu 2008, 378p.

PEIXOTO, E. M. A. Silício. *Elemento Químico*, nov. 2001. *Química nova na escola*, n.14. Disponível em: < <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a12.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2014.

RANGEL, M. C.; CARVALHO, M. F. A.; Quím. Nova. 2003. 26, 265. In: GOMES, L. F. Compostos de cério como redutores de fuligem no uso do biodiesel como combustível. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

ROCHA, L. P.; VAZ, M. R. C.; ALMEIDA, M. C. V.; BONOW, C. A.; SILVA, M. S.; COSTA, V. Z. Utilização de equipamentos de proteção individual por frentistas de postos de combustíveis: contribuição da enfermagem. Florianópolis, jun. 2014

RODRIGUES, G. S.; MA, T. H.; PIMENTEL, D.; WEINSTEIN, L. H.; ICHIKAWA, S. Tradescantia bioassays as monitoring systems for environmental mutagenesis – a review. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Boca Raton, v. 16, n. 4, p. 325- 359, 1997.

SALDIVA, P. H. N.; POPE, C. A.; SCHWARTZ, J.; DOCKEY, D.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; SALGE, J. M.; BARONE, I. A.; BÖHM, G. M. Air pollution and mortality in elderly people: a times series in São Paulo. *Archives of Environmental Health*, Chicago, v. 50, n. 2, p. 159-163, 1995.

SALDIVA, P. H. N.; CLARKE, R. W.; COULL, B. A.; STEARNS, R. C.; LAWRENCE, J.; MURTHY, G. G. K.; DIAZ, E.; KOUTRAKIS, P.; SUH, H.; TSUDA, A.; GODLESKI, J. J. Lung inflammation induced by concentrated ambient air particles is related to particle composition. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, New York, v. 165, n. 12, p. 1610- 1617, 2002.

United States Environmental Protection Agency – USEPA. Particulate Matter | Air & Radiation. Disponível em: www.epa.gov/oar/particulatepollution/. Acesso em abril de 2015.

VALLIUS, M.; JANSSEN, N. A. H.; HEINRICH, J.; HOEK, G.; RUUSKANEN, J.; CYRYS, J.; GRIEKEN, R. V.; DE HARTOG, J. J.; KREYLING, W. G.; PEKKANEN, J. Sources and elemental composition of ambient PM_{2.5} in three European cities. *Science of the Total Environment* v. 337, p. 147-162, 2005.

VIANA, T. V. de A. et al. Diferentes doses de potássio, na forma de nitrato de potássio, aplicadas via fertirrigação no mamão formosa. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 01, p. 34-38, 2008.

XU, J.; OVERBURY, S. H., *J. Catal.* 2004, 222, 167. In: GOMES, L. F. Compostos de cério como redutores de fuligem no uso do biodiesel como combustível. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

WILSON, A. M.; SALLOWAY, J. C.; WAKE, C. P.; KELLY, T. Air pollution and the demand for hospital services: a review. *Environment International*, Elmsford, v. 30, n. 8, p. 1109-1118, 2004.