

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE UTILIZANDO O BIOINDICADOR *LOLIUM MULTIFLORUM* LAM.

Larissa Meincke (*), Tafaél Vancetta, Liane Bianchin, Márcia Campos Brasil, Daniela Montanari
Migliavacca Osório

* Universidade Feevale, larissa_meincke@yahoo.com.br

RESUMO

Devido a características como toxicidade e potencial carcinogênico e/ou mutagênico, os metais pesados e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) têm sido foco de diversos estudos ambientais no ar. O biomonitoramento utilizando *Lolium multiflorum* Lam., tem surgido como alternativa aos métodos tradicionais para o monitoramento destes poluentes na atmosfera, apresentando vantagens como baixo custo, eficiência para avaliar contaminantes em baixas concentrações e medição simultânea de vários tipos de poluentes. Desta maneira, o presente estudo tem como objetivo realizar o biomonitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), através da análise de metais e HPAs acumulados pela espécie bioindicadora *Lolium multiflorum* (azevém). Para tanto, foram realizadas amostragens mensais nos municípios de Canoas, São Leopoldo, Novo Hamburgo e Campo Bom. Após o cultivo e exposição das plantas, as mesmas, para determinação dos metais, foram digeridas em micro-ondas e analisados por espectrometria de absorção atômica em chama. Os HPAs foram extraídos com diclorometano por 18 horas em soxhlet, seguidos de separação/pré-concentração e determinados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. Foi possível observar que o nível de poluição nos locais de amostragem foi muito elevado para a maioria dos metais, apresentando maior variação de poluição apenas para o ferro e nível de poluição muito baixo para o níquel. As maiores concentrações foram encontradas em Canoas e São Leopoldo, evidenciando que a emissão veicular é a principal fonte de origem dos metais estudados. As análises de HPAs se encontram em andamento até o presente momento.

PALAVRAS-CHAVE: Biomonitoramento, poluição atmosférica, metais, HPAs.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar ocorre quando são lançadas à atmosfera partículas, gases e vapores gerados por indústrias, veículos, termelétricas e outras fontes. O conceito de poluição atmosférica inclui uma gama de atividades, fenômenos e substâncias que contribuem para a deterioração da qualidade natural da atmosfera (Almeida, 1999). Atualmente, a fonte de poluição mais importante em áreas urbanas é o transporte (Klumpp *et al.*, 2002).

Dentre os poluentes lançados no ar, estão os metais pesados e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Os mesmos se encontram à frente de diversas pesquisas ambientais devido a sua toxicidade e ao seu potencial carcinogênico e/ou mutagênico (Ares *et al.*, 2011; Murakami *et al.*, 2012).

Os métodos normalmente utilizados para a determinação destes poluentes na atmosfera são físicos e químicos, e envolvem técnicas sofisticadas e caras. No entanto, como alternativa para monitoramentos convencionais, pode-se aplicar o biomonitoramento utilizando plantas como indicadores da degradação da qualidade do ar. Em relação aos métodos tradicionais, o biomonitoramento apresenta vantagens como baixo custo de instalação e acompanhamento, eficiência no monitoramento de áreas amplas e longos períodos de tempo, bem como eficiência na medição simultânea de vários tipos de poluentes e na avaliação de contaminantes em baixas concentrações no ambiente em estudo (Sumita *et al.*, 2003; Ares *et al.*, 2011; Illi, 2014).

A grande diversidade de métodos aplicados nos inúmeros estudos utilizando plantas como bioindicadoras da poluição do ar, não somente inviabiliza a comparação dos dados obtidos, mas reduz a aceitação desse método biológico de controle frente às autoridades. Para tal, tem sido feito um esforço para padronizar os métodos de bioindicação (Klumpp *et al.*, 2001). Existem dois tipos de plantas bioindicadoras: as indicadoras de reação, que respondem a poluentes definidos ou grupos de poluentes com danos visíveis ou alterações anatômicas; e as indicadoras de acumulação, que são relativamente resistentes à poluição aérea, mas acumulam substâncias

tóxicas nos tecidos foliares permitindo a detecção do poluente através de análises químicas (Klumpp *et al.*, 2001). A exposição de plantas bioindicadoras que acumulam substâncias, e de espécies sensíveis, providencia informações sobre os impactos da poluição do ar, complementando os dados obtidos por medições físicas e químicas (Klumpp *et al.* 2002).

Para avaliar o acúmulo de substâncias tóxicas no ambiente, como os metais pesados, enxofre e flúor (Klumpp *et al.*, 2009) e os HPAS (Rinaldi *et al.*, 2012), pode-se utilizar como bioindicador o *Lolium multiflorum* Lam. (azevém). Esta espécie apresenta uma alta capacidade para o acúmulo de substâncias tóxicas, bem como uma alta tolerância contra a maioria dos poluentes do ar, sem mostrar qualquer dano visível devido a níveis de poluição do ambiente (Klumpp *et al.*, 2009).

O presente estudo tem como objetivo realizar o biomonitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), através da análise de metais e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) acumulados pela espécie bioindicadora *Lolium multiflorum*, conhecido como azevém.

METODOLOGIA

A exposição simultânea das plantas bioindicadoras ocorreu mensalmente em quatro municípios da RMPA: Canoas, São Leopoldo, Novo Hamburgo e Campo Bom. Os pontos de amostragem foram definidos seguindo as recomendações da norma ASTM D 5111 (ASTM, 2006), tais como: distância das fontes poluentes; condições logísticas (segurança, acesso e fornecimento de energia elétrica); direção predominante do vento; e distância de obstáculos que possam interferir na amostragem.

Canoas possui uma frota de aproximadamente 167.254 veículos e a economia consiste de grandes empresas nacionais e multinacionais, como a Refinaria Alberto Pasqualini (Refap), Springer Transportadora e AGCO do Brasil, entre outras, bem como a Base Aérea Militar da Zona V (IBGE, 2015). O local da amostragem foi definido em função da influência antropogênica, estando localizado a aproximadamente 50 m da rodovia BR-116.

A frota veicular na cidade de São Leopoldo é de aproximadamente 99.810 veículos, e o setor econômico consiste de um diversificado parque industrial globalizado, além de expressivo setor comercial e de serviços (IBGE, 2015). O local da amostragem foi definido em função de uma taxa de urbanização intermediária, localizando-se próximo a uma rodovia de tráfego intenso (BR-116) e também de uma avenida urbana (João Corrêa).

Novo Hamburgo, com uma frota veicular de aproximadamente 149.188 veículos, tem sua economia apoiada no setor coureiro-calçadista, indústrias metalúrgicas, de componentes eletrônicos, do setor plástico e metal-mecânico (IBGE, 2015). A escolha do local de amostragem foi em função da proximidade deste com a rodovia ERS-239, que apresenta um tráfego bastante acentuado.

O número de veículos na cidade de Campo Bom é de aproximadamente 35.673 e a economia do município abrange a indústria coureiro-calçadista e o setor de hortaliças, desde que a cidade se destaca como o maior produtor de mudas de hortaliças do Rio Grande do Sul (IBGE, 2015). Definiu-se o local de amostragem em função de uma maior distância de vias movimentadas, com a finalidade de diminuir a amostragem de poluentes provenientes das atividades antropogênicas.

A metodologia do estudo englobou basicamente quatro partes: cultivo, exposição, preparo e análise das amostras, baseando-se no estudo de Klumpp, Ansel & Klumpp (2004) e Carminitti (2008). Na etapa do cultivo, foi semeado 0,30 g de sementes de azevém em vasos plásticos contendo substrato padronizado (Carolina Soil, CSC®), onde foram cultivadas por 15 dias. Após este período, três vasos contendo as plantas foram expostos em cada local, onde permaneceram por 30 dias.

Após a retirada dos vasos dos pontos de exposição, as amostras das plantas foram preparadas em laboratório. A amostra contida em cada vaso foi dividida em duas partes iguais para as determinações de metais e HPAs. Para os metais, as folhas do vegetal foram cortadas rente ao substrato, lavadas com água ultrapurificada e secas em estufa de circulação, por quatro dias. Depois de secas, as folhas foram cortadas em pequenos pedaços e

encaminhadas para digestão assistida por micro-ondas (MARS 6 – CEM), conforme protocolo estabelecido em USEPA 3051 B (1994). Os extratos obtidos, foram analisados por espectrometria de absorção atômica em chama (AA 110, Varian) para a determinação dos metais alumínio (Al), bário (Ba), cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Para a determinação dos HPAs, os azevêns foram cortados aproximadamente a 4 cm acima do substrato, embalados em papel alumínio, para protegê-los da ação da luz, e armazenados em freezer até o momento da extração. Para o procedimento de extração, foram pesados 5 g da amostra e o mesmo procedeu-se baseado em Teixeira *et al.* (2011), sendo realizado em aparelho Soxhlet, utilizando diclorometano por 18 h.

Os extratos foram concentrados a 1 mL em rotaevaporador, e com a finalidade de eliminar a água presente, foi adicionado 0,2 g de sulfato de sódio anidro. Posteriormente, os mesmos foram centrifugados para a separação das fases de cera e solvente. A fase do solvente foi separada / pré-concentrada, através do procedimento de *clean up*, utilizando coluna de sílica gel (ativada com 5% de água destilada).

As amostras foram então, encaminhadas para a determinação dos HPAs acenaftaleno, acenafteno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, naftaleno e pireno. A técnica utilizada para a determinação dos mesmos foi cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC/MS QP5050A, Shimadzu).

RESULTADOS OBTIDOS

Até o presente momento, as determinações dos HPAs se encontram em andamento, tendo-se apenas os resultados das determinações dos metais. As determinações nas amostras coletadas, realizadas de maio a novembro de 2014, demonstraram concentração significativa de alguns metais como Fe (elevado nos quatro pontos), Mn e Al, e baixa ou não detecção de Cd (elemento traço) na maioria das exposições, exceto em Canoas, onde foi detectado com frequência. Em Novo Hamburgo, não houve detecção de Cd (LD 0,0015 mg L⁻¹) em nenhuma exposição e o Pb foi detectado somente em duas exposições (LD 0,01 mg L⁻¹). Já em Canoas, apenas no último mês de estudo detectou-se a presença de Cr (LD 0,005 mg L⁻¹).

Calculando a média das concentrações nas sete exposições, para cinco metais avaliados (Al, Ba, Fe, Cu e Zn), é possível observar que as maiores concentrações predominaram nos pontos de Canoas e São Leopoldo, os que apresentam maior proximidades da BR-116, sofrendo grande influência de tráfego veicular, como já foi descrito anteriormente (Figura 1). Campo Bom, apesar de ter sido escolhido por apresentar maior distância de vias movimentadas, para a maioria dos metais apresentou concentrações maiores do que Novo Hamburgo, onde o local de amostragem fica ao lado da rodovia ERS-239, com fluxo acentuado de veículos.

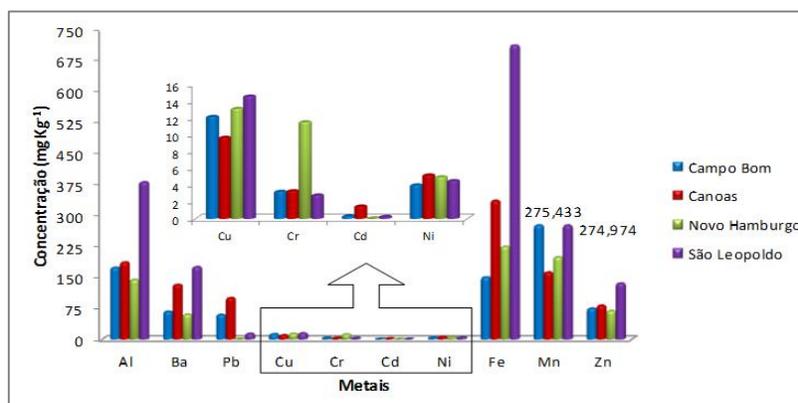


Figura 1: Média geral das concentrações de metais das sete exposições realizadas nos quatro pontos estudados. Fonte: Próprio Autor.

Ao comparar os resultados encontrados neste estudo, com a escala de níveis de poluição do estudo de Klumpp, Ansel & Klumpp (2004) (Tabela 1), quatro metais — Pb, Cr, Cd (quando detectado) e Zn —, devido às suas

altas concentrações, implicam em um nível de poluição por metais muito elevado nos pontos avaliados, com exceção do Pb em Novo Hamburgo, que apresentou níveis de concentração mais baixos. Já o Cu foi detectado em níveis elevados na maioria dos pontos avaliados, sendo o ponto de Canoas, o de menores concentrações.

O Ni foi o metal que apresentou as menores concentrações em todos os pontos, e o nível de poluição ocasionado por este metal é considerado muito baixo. As concentrações de Fe indicaram nível de poluição muito baixo, baixo, elevado e muito elevado nos pontos Campo Bom, Novo Hamburgo, Canoas e São Leopoldo, respectivamente.

Tabela 1. Concentrações médias dos metais pesados, de todas as exposições, comparado com os níveis de poluição de acordo com Klumpp; Ansel & Klumpp (2004) (mg kg^{-1} em base seca). Fonte: Próprio Autor.

Classe Metal	Pb	Cu	Cr	Cd	Ni	Fe	Zn
Classe 1 - Muito Baixo	$\leq 0,8$	$\leq 7,1$	$\leq 0,8$	$\leq 0,04$	$\leq 5,5$	≤ 180	$\leq 31,7$
Classe 2 - Baixo	$0,9 \leq$	$7,2 \leq$	$0,9 \leq$	$0,05 \leq$	$5,6 \leq 9,3$	$181 \leq$	$31,8 \leq$
	$1,6$	$11,6$	$1,5$	$0,07$		309	$45,1$
Classe 3 - Elevado	$1,7 \leq$	$11,7 \leq 16$	$1,6 \leq$	$0,08 \leq$	$9,4 \leq$	$310 \leq$	$45,2 \leq$
	$2,4$		$2,3$	$0,10$		$13,1$	438
Classe 4 - Muito elevado	$\geq 2,5$	≥ 17	$\geq 2,4$	$\geq 0,11$	$\geq 13,2$	≥ 439	$\geq 58,7$
Ponto							
Campo Bom	58,850	12,167	3,230	0,308	4,001	149,700	74,370
Canoas	99,566	9,675	3,310	1,477	5,189	334,885	81,363
Novo Hamburgo	0,605	13,104	11,515	n.d.	4,959	223,526	68,473
São Leopoldo	13,359	14,596	2,803	0,239	4,513	710,473	134,718

Dentre os metais avaliados, a maioria apresenta como uma das fontes de poluição, as emissões provenientes do tráfego veicular. O Ba e o Zn são utilizados na fabricação de óleos lubrificantes de automóveis e na confecção de pneus, sendo que esses elementos podem ser liberados para a atmosfera mediante o atrito da borracha com o asfalto. O Cu pode ser originário da abrasão dos freios, enquanto o Pb é utilizado na fabricação de baterias de chumbo-ácido, utilizadas em automóveis, e o Mn é adicionado à gasolina, para aumentar a octanagem, substituindo o Pb. O Fe pode estar presente em peças dos veículos, sendo emitido para o ar durante o desgaste das mesmas, e o Ni é emitido para atmosfera a partir da combustão de produtos do petróleo (Illi, 2014).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, verificou-se que os elementos metálicos constituem os poluentes tóxicos presentes no ar, sendo observado um nível de poluição elevado para o Cu e muito elevado na maioria dos locais de amostragem para os metais Pb, Cr, Cd, Zn. Para o Fe, o nível de poluição variou de muito baixo a muito elevado, e apenas para o Ni as concentrações evidenciaram um perfil de poluição muito baixo.

Canoas e São Leopoldo foram os pontos que apresentaram uma maior concentração dos metais avaliados, permitindo observar que a emissão veicular é apontada como a principal fonte de origem destes diversos metais no presente estudo. Além disso, constatou-se que a espécie *Lolium multiflorum* é muito eficaz como bioindicador de poluentes que contêm traços metálicos. As análises de HPAs se encontram em andamento até o presente momento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, I. T. de. A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. 1999. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1999.
2. ARES, A. *et al.* Study of the air quality in industrial areas of Santa Cruz de Tenerife (Spain) by active biomonitoring with *Pseudoscleropodium purum*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 74, p. 533–541. 2011.



3. ASTM. American Society for Testing and Materials. Standard guide for choosing locations and sampling methods to monitor atmospheric deposition at non-urban locations: D 5111-99, ATSM: West Conshohocken, 2006.
4. CARMINITTI, L. Estabelecimento do potencial de plantas no monitoramento de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) presentes na atmosfera urbana de São Paulo. 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, SP, 2008.
5. IBGE. Cidades: informações sobre os municípios brasileiros. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> Acesso: Junho, 2015.
6. ILLI, J. C. Bioindicadores vegetais – uma alternative de monitoramento de metais presents no ar. 2014. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Industrial Química, Novo Hamburgo, RS, 2014.
7. KLUMPP, A. *et al.* Airborne trace element pollution in 11 European cities assessed by exposure of standardized ryegrass cultures. *Atmospheric Environment*, v. 43, p. 329 – 339. 2009.
8. KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G. European Network for the assessment of air quality by the use of bioindicator plants. University of Hohenheim. Stuttgart, 2004. 174 p.
9. KLUMPP, A. *et al.* EuroBionet: A Pan-European Biomonitoring Network for Urban Air Quality Assessment. *ESPR - Environ. Sci. & Pollut. Res.*, v. 9, n. 3, p. 199-203. 2002.
10. KLUMPP, A. *et al.* Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 511-518. 2001.
11. MURAKAMI, M. *et al.* Evaluation of ginkgo as a biomonitor of airborne polycyclic aromatic. *Atmospheric Environment*, v. 54, p. 9-17. 2012.
12. RINALDI, C. S. *et al.* Leaves of *Lolium multiflorum* ‘Lema’ and tropical tree species as biomonitors of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 79, p. 139 – 147. 2012.
13. SUMITA, N. M. *et al.* *Tradescantia pallida* cv. *purpurea* Boom in the characterization of air pollution by accumulation of Trace elements. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v. 53, p. 574-579. 2003.
14. TEIXEIRA, E. C. *et al.* Study of nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in fine and coarse atmospheric particles. *Atmospheric Research*, v. 101, p. 631–639. 2011.
15. USEPA. United States Environmental Protection Agency. Method 3051 B: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. Washington: EPA, 1994.