



## Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em solos contíguos às rodovias BR 277 e BR 376 entre Curitiba e Ponta Grossa – PR<sup>(1)</sup>.

Sonia Zanello<sup>(2)</sup>; Vander de Freitas Melo<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo.

<sup>(2)</sup> Doutoranda na Universidade Federal do Paraná; Curitiba, PR; zanello@utfpr.edu.br; <sup>(3)</sup> Professor associado do Depto. de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná.

**RESUMO:** São raros os estudos sobre contaminação de solos próximos das rodovias no Brasil. Para avaliar a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) nos solos contíguos as rodovias BR 277 e BR 376, entre Curitiba e Ponta Grossa no Estado do Paraná, foram coletadas amostras compostas de solos de 0 - 10 cm nas margens da rodovia. Foram selecionados em 20 sítios ao longo das rodovias em duas estações (inverno e primavera) nas seguintes situações de máxima expectativa de aporte de HPAs: próximo as calhas coletoras e mananciais; pedágios; postos de combustível; postos da polícia rodoviária federal e associação com atividade de agricultura. As amostras foram extraídas em Soxhlet, concentradas em rotoevaporador e os HPAs foram determinados por cromatografia gasosa (ISO/DIS 18287). As maiores concentrações de HPAs foram na estação de primavera. De modo geral, as concentrações totais de HPAs variaram de 1,5 a 27.297 mg kg<sup>-1</sup>. Os teores individuais de diversos HPAs foram muito superiores aos limites de qualidade estabelecidos pelo órgão ambiental nacional (Conama, 2009): Naftaleno: 15.633 mg kg<sup>-1</sup>, valor de prevenção: 0,12 mg kg<sup>-1</sup>; Benzo[a]Pireno: 4.900 mg kg<sup>-1</sup>, valor de prevenção: 0,1 mg kg<sup>-1</sup>; Benzo[g,h,i]Perileno: 1.479 mg kg<sup>-1</sup>, valor de prevenção: 0,57 mg kg<sup>-1</sup>; Antraceno: 1.237 mg kg<sup>-1</sup>, valor de prevenção: 0,039 mg kg<sup>-1</sup>; Benzo[a]Antraceno: 777 mg kg<sup>-1</sup>, valor de prevenção: 0,025 mg kg<sup>-1</sup>; Benzo[k]Fluoranteno: 904 mg kg<sup>-1</sup>, valor de prevenção: 0,38 mg kg<sup>-1</sup>; Indeno[1,2,3-cd]Pireno: 550 mg kg<sup>-1</sup>, valor de prevenção 0,031 mg kg<sup>-1</sup>. Estes resultados sugerem que a principal fonte da contaminação de HPAs às margens das rodovias é a queima de combustíveis fósseis.

**Termos de indexação:** contaminação do solo; emissões veiculares; valores orientadores.

### INTRODUÇÃO

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) constituem um grupo de micro poluentes orgânicos persistentes no ambiente e de elevada capacidade carcinogênica e mutagênica. São caracterizados por possuírem dois ou mais anéis benzênicos condensados em sua estrutura, baixa solubilidade em água e elevada hidrofobicidade (ATSDR, 1995). No solo os HPAs ficam fortemente

retidos na fração coloidal do solo com especial afinidade pela matéria orgânica (Wilcke, 2000).

São introduzidos no ambiente por fontes naturais (vulcões, queima natural de florestas, síntese por microrganismos) e antropogênicas (descarte de efluentes domésticos e industriais, por exemplo). A fonte antropogênica é majoritariamente responsável pela presença destes compostos no ambiente e a queima de combustíveis fósseis é a maior fonte de HPAs no ambiente e sua propagação atmosférica permite que se depositem nos ambientes lacustre, marinho e terrestre (Yunker et al., 2002; Ravindra et al., 2008).

Entre as fontes antropogênicas, as petrogênicas incluem o petróleo não queimado e seus produtos (gasolina, querosene, diesel e óleo lubrificante), enquanto as fontes pirogênicas incluem produtos de combustão de alta temperatura (queima incompleta de materiais orgânicos e de combustíveis fósseis, combustão do motor veicular, fundição, resíduos incineradores). As principais fontes de HPAs em solos próximos às rodovias são: as obras de manutenção e reconstrução, emissões veiculares, desgaste do asfalto e pneus (ATSDR, 1995).

Há mais de 100 diferentes HPAs conhecidos, mas apenas 16 deles foram classificados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) como poluentes prioritários, principalmente com base em sua toxicidade e frequência de exposição a seres humanos (ATSDR, 1995): Naftaleno (Naf); Acenafteno (Ace); Acenaftileno (Aci); Antraceno (A); Fenantreno (Fen); Fluoreno (Flu); Fluoranteno (Fla); Benzo[a]Antraceno (BaA); Criseno (Cris); Pireno (Pir); Benzo[a]Pireno (BaP); Benzo[b]Fluoranteno (BbF); Benzo[k]Fluoranteno (BkF); Dibenzo[a,h]Antraceno (DahA); Benzo[g,h,i]Perileno (BghiP); Indeno[1,2,3-cd]Pireno (IP).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a contaminação dos solos por HPAs (Naf, Ace, Aci, A, Fen, Flu, Fla, BaA, Cris, Pir, BaP, BbF, BkF, DahA, BghiP, IP) em pontos selecionados às margens das rodovias BR 277 e BR 376 entre Curitiba e Ponta Grossa no Paraná.

### MATERIAL E MÉTODOS

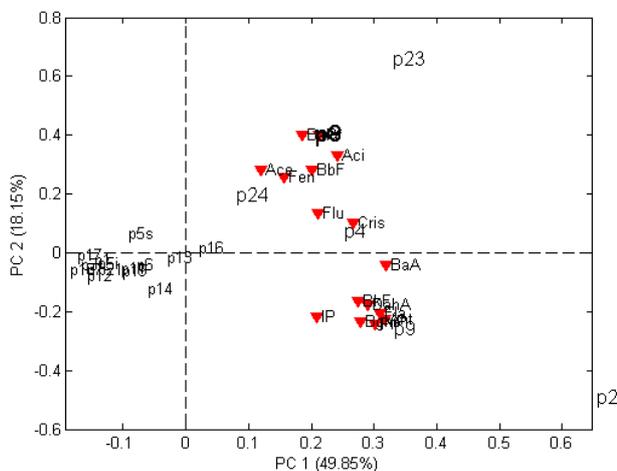
#### Amostragem e caracterização dos solos

Considerando-se as estações de inverno e primavera de 2013, foram coletadas, a uma



kg<sup>-1</sup>; o ponto 13, posto de combustível, com 15.317,96 mg kg<sup>-1</sup> e o ponto 23, na baixada após declive da rodovia, com 11.542,01 mg kg<sup>-1</sup>.

Para a estação de primavera, as maiores concentrações de HPAs estão agrupados pela PC1 nos quadrantes à direita no gráfico (**Figura 2**): o ponto 23 com 27.297,35 mg kg<sup>-1</sup>; o ponto 4, baixada após declive na rodovia, com 18.936,73 mg kg<sup>-1</sup>; o ponto 8, posto da polícia rodoviária, com 17.118,96 mg kg<sup>-1</sup>; o ponto 2, canteiro no contorno para BR 277, com 16.316,75 mg kg<sup>-1</sup> e o ponto 24 com 11.132,74 mg kg<sup>-1</sup>.



**Figura 2** - Gráfico de scores e loadings das componentes principais (PC1 e PC2) dos HPAs para estação de primavera.

Os locais com as maiores concentrações destes poluentes em ambas as estações são três: ponto 9, ponto 23 e 24 que são locais que recebem preponderantemente águas pluviais de lavagem da rodovia.

## CONCLUSÕES

A contaminação de HPAs por emissões veiculares nos solos próximos as rodovias estudadas confere caráter tóxico e cancerígeno a estes oferecendo riscos a saúde humana.

No Brasil há necessidade de estudos mais aprofundados destes poluentes nos solos para mitigação de impactos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do SENAI-CIC de Curitiba no Paraná e da concessionária CCR RodoNorte para realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) Update, U.S. Department of Health & Human Services, U.S. Government Printing Office, 1995.

CARMO, A.; ANTONINO, A.C.D.; MARTINS, J.M.F.; et al. Lixiviação de naftaleno em solos urbanos da região metropolitana do Recife, PE. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37( 5): 1415-1422, 2013.

CCME - CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. Canadian Soil Quality Guidelines for Carcinogenic and Other Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Environmental and Human Health Effects). Scientific Supporting Document. 218 p. 2008.

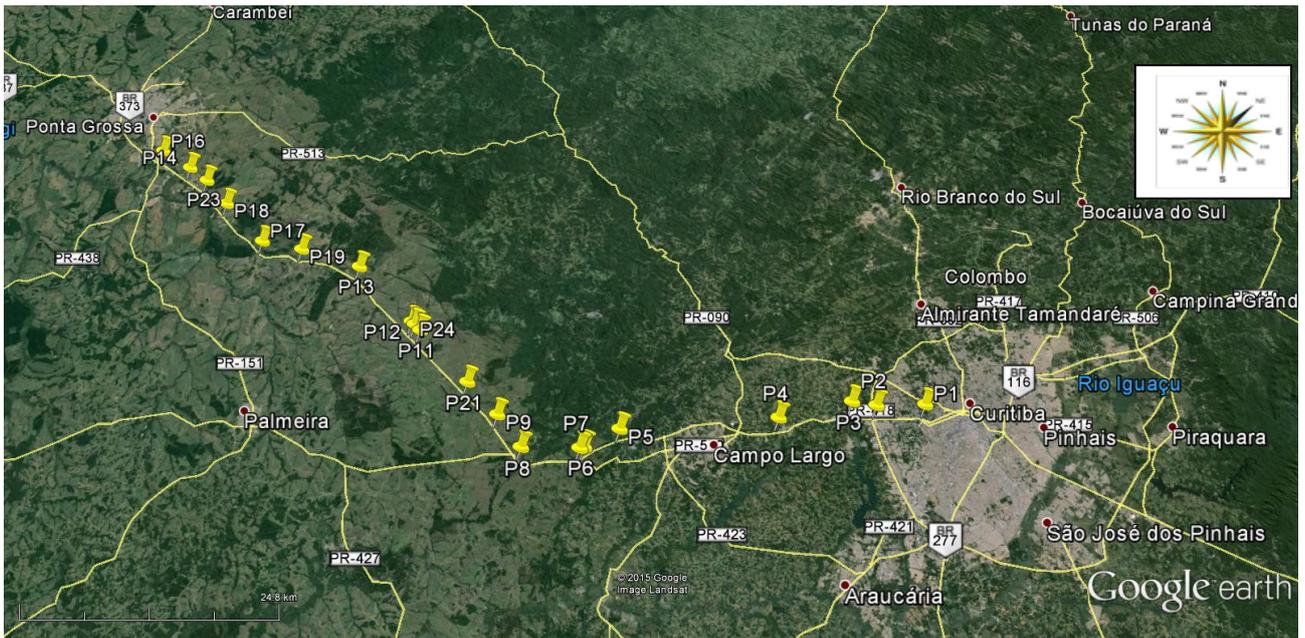
CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPQ. 1997.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Monograph on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals in humans, Polynuclear aromatic compounds, Part.1, Chemical, Environmental and Experimental Data, Lyon.1983.

RAVINDRA, K., SOKHI, R & GRIEKEN, R.V. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. Atmospheric Environment, 2008.

YUNKER, M.B.; MACDONALD, R.W.; VINGARZAN, R.; et al. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. Organic Geochemistry. v.33, n.4, p. 489–515, 2002.



**Figura 3** - Imagem de satélite com destaque dos pontos amostrais nas rodovias entre Curitiba e Ponta Grossa no Estado do Paraná: P1: saída da cidade de Curitiba; P2: contorno para BR 277; P3: Próximo ao Rio Passaúna; P4: Próximo ao Rio Verde e Rio Rondinha; P5: Subida da Serra São Luiz do Purunã; P6: Pedágio de São Luiz do Purunã Sentido Curitiba - Ponta Grossa; P7: Pedágio de São Luiz do Purunã Sentido Ponta Grossa – Curitiba; P8: Posto da Polícia Rodoviária; P9: Rio dos Papagaios; P11: calha coletora antes do Pedágio de Witmarsun; P12: Pedágio de Witmarsun, sentido Curitiba-Ponta Grossa; P13 e P14: posto de combustível; P16: Portal de entrada da cidade Ponta Grossa; P17: Fazenda Vila Velha; P18: Posto da Polícia Rodoviária; P19: Fazenda Cambiju Moos; P21: calha coletora; P23: baixada após declive acentuado; P24: Pedágio de Witmarsun sentido Ponta Grossa- Curitiba. Fonte da imagem: Goolge Earth™ Mapping Service.