

IMPACTO AMBIENTAL DE KARTÓDROMOS SITUADOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: MONITORAMENTO DE BTEX NO AR E DO NÍVEL DE RUÍDO

Lauro de Sena Laurentino e Mônica Regina da Costa Marques*

Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier 524, 20559-900 Rio de Janeiro - RJ, Brasil
Sérgio Machado Corrêa

Faculdade de Tecnologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rod. Presidente Dutra, km 298, 27537-000 Resende - RJ, Brasil

Recebido em 16/2/12; aceito em 7/5/12; publicado na web em 24/8/12

ASSESSMENT OF AIR POLLUTION OF KARTING CIRCUITS. In this work, noise and aromatic hydrocarbons levels of indoor and outdoor karting circuits located in Rio de Janeiro were assessed. The sampling was performed using active charcoal cartridges, followed by solvent desorption and analysis by gas chromatography with mass spectrometry detection. This study demonstrated that the karting circuits, venues for entertainment, were a major source of air pollution with the detection of considerable amounts of these compounds (2.0 to 19.7 $\mu\text{g m}^{-3}$ of benzene; 4.1 to 41.1 $\mu\text{g m}^{-3}$ of toluene; 2.8 to 36.2 $\mu\text{g m}^{-3}$ of ethylbenzene; 0.7 to 36.2 $\mu\text{g m}^{-3}$ of xylenes) and high noise levels.

Keywords: BTEX; noise; atmosphere.

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é um assunto que vem causando bastante desconforto e preocupação, não só para as autoridades de todos os países, mas também para a população em geral. Muitos problemas de saúde vêm aparecendo ou são intensificados com o aumento da poluição do ar, desde os mais simples, como asma, bronquites e alergias, até os mais complexos e perigosos, como doenças cardiovasculares e câncer de pulmão. Dentre os inúmeros poluentes encontrados no ambiente, os compostos orgânicos voláteis (COV) são uma classe de contaminantes com características bastante diferenciadas do restante dos poluentes atmosféricos. Esses compostos são introduzidos na atmosfera através da queima de combustíveis fósseis, emissões biogênicas, tanto nos continentes como nos oceanos, queima de biomassa e processos geoquímicos, dentre outros.¹

Os hidrocarbonetos monoaromáticos (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, conhecidos pela sigla BTEX) constituem uma preocupação particular, quando comparados aos restantes dos COV por causa de sua elevada toxicidade. Os BTEX são encontrados no meio ambiente através das emissões evaporativas, pelo uso disseminado de solventes, pela oxidação incompleta dos combustíveis fósseis, por vazamentos e volatilização dos combustíveis em postos de abastecimento.² Estes poluentes estão presentes em quantidades preocupantes no ar atmosférico de avenidas com grande fluxo de veículos, escritórios fechados e, principalmente, naqueles onde o fumo é permitido, dentre outros.^{3,4}

O benzeno tem se tornado uma das substâncias mais intensamente regulamentada no mundo por ser considerado um composto carcinogênico classe I pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC).⁵ Nos Estados Unidos, a *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) estabelece o limite de 330 $\mu\text{g m}^{-3}$, enquanto a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) estabelece um limite 10 vezes maior para a mesma jornada de 8 h de trabalho.⁶ A Diretiva 2008/50/CE da União Europeia estipula um valor de 5,0 $\mu\text{g m}^{-3}$ para médias anuais.

No Brasil, a norma regulamentadora NR-15 da Portaria 3.214, de 08/06/1978, do Ministério do Trabalho e Emprego da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho legisla sobre as atividades e

operações insalubres.⁷ Nesta norma, o anexo 13-A trata da proibição da utilização do benzeno, desde 1997, para qualquer empresa, exceto aquelas que o empreguem em combustíveis derivados de petróleo. Além disso, o Valor de Referência Tecnológico - Média Ponderada pelo Tempo (VRT-MPT), que corresponde à concentração média do benzeno no ar ponderada pelo tempo para uma jornada de 8 h de trabalho, é igual a 8,2 $\mu\text{g m}^{-3}$ para indústrias siderúrgicas e 3,3 $\mu\text{g m}^{-3}$ para petroquímicas e outras situações. Para os derivados substituídos do benzeno, como o tolueno e os xilenos, os valores atualmente em vigor na legislação brasileira são de 290 $\mu\text{g m}^{-3}$ para tolueno, 340 $\mu\text{g m}^{-3}$ para xilenos e para etilbenzeno.

A permissão da emissão de benzeno em locais que empreguem combustíveis derivados de petróleo é muito preocupante, uma vez que este poluente pode ser encontrado em altas concentrações.⁸ Dentro deste contexto, os locais para a prática de esporte automotivo, denominados kartódromos, merecem destaque, uma vez que são destinados ao entretenimento de crianças e adultos. No Brasil, existem dois tipos de kartódromos dependendo de sua localização: aqueles situados em galpões fechados e os situados em grandes locais totalmente abertos.

Outro problema encontrado nos kartódromos são os elevados níveis de ruído a que os usuários são submetidos. Níveis excessivos de ruído em um ambiente podem lesionar o sistema auditivo dos presentes e até causar perda da audição. O risco de perda auditiva depende da pessoa, mas começa a ser significativo quando esta é submetida continuamente a um nível de exposição diária superior a 80 dB(A). Além da perda da audição, o ruído pode causar problemas cardiovasculares, digestivos e também pode diminuir o nível de atenção, o que favorece o crescimento de erros e de acidentes nestes locais.⁹

O anexo 1 da NR-15 estabelece os limites de tolerância para a exposição ao ruído. Já a NR-17 estabelece o limite para conforto acústico em trabalhos que requeiram um mínimo de concentração mental.

Considerando que os kartódromos são locais de entretenimento para alguns e ocupacional para outros, a avaliação de seu impacto sobre o ser humano é de extrema importância. Desta forma, este trabalho apresenta o monitoramento inédito do teor de BTEX no ar e do nível de ruídos em dois kartódromos localizados na cidade do Rio de Janeiro: um localizado em uma área aberta e outro situado dentro de um edifício garagem.

*e-mail: monica@pq.cnpq.br

PARTE EXPERIMENTAL

O monitoramento foi realizado durante 2008, em dois kartódromos. O kartódromo fechado fica localizado dentro de um estacionamento (edifício garagem) de um grande shopping da zona norte e o outro, em uma área aberta na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro.

Os carros utilizados nestes kartódromos possuem motor a gasolina (6,5 HP) abastecidos com gasolina C tipo comum. O tempo de corrida é de 20 min e o circuito suporta no máximo de 12 corredores. Em torno do circuito, as pessoas que desejam assistir as corridas ficam em pé.

Amostragem do ar atmosférico

A técnica empregada na amostragem foi a da amostragem ativa, na qual o ar é succionado para dentro de um cartucho com o auxílio de uma bomba de vácuo, previamente calibrada, com a utilização de medidores de fluxo de ar. As amostras foram coletadas em duplicata, utilizando-se cartuchos de carvão ativo da marca SKC (referência 226-09) e uma bomba amostradora autônoma (SKC modelo – PCXR4). O cartucho empregado apresenta dois leitos: o principal – onde os poluentes devem ficar adsorvidos durante a amostragem; e o de segurança – que deve adsorver os poluentes no caso de saturação do leito principal. O leito de segurança sempre deve ser analisado para garantir que todo poluente ficou realmente adsorvido no leito principal. A presença no leito de segurança de mais de 5% do material coletado no leito de principal indica que a amostragem deve ser descartada. Este procedimento sugere que uma vazão e/ou o tempo além da capacidade de retenção do cartucho não foram apropriados, conforme detalhado em métodos semelhantes, como a TO-1 e TO-2 da USEPA.^{9,10} Após o tempo de coleta, o cartucho foi fechado, identificado e vedado com filme de PVC, transportado em isopor contendo gelo e guardado em refrigerador até o dia da análise, para evitar qualquer possibilidade de evaporação das amostras adsorvidas.¹¹ Este método vem sendo empregado por nosso grupo há mais de 10 anos e sua validação foi descrita em artigos recentes.¹²⁻¹⁴

Amostragem do ar do kartódromo fechado durante o seu funcionamento

Para a amostragem no kartódromo fechado, posicionou-se a bomba em uma grande reta do circuito - na qual a aceleração e consequente queima de combustíveis era maior - em cima de uma mureta a uma distância e altura aproximadas de 1,5 e 1,0 m, respectivamente, da pista. Após diversos experimentos variando fluxo (entre 0,2 e 2,0 L min⁻¹) e tempo de coleta (30, 60, 90, 120, 180 e 240 min), foi estipulado o valor de 1,0 L min⁻¹ e tempo de amostragem de 1 h, adequados para amostrar durante duas corridas completas e obter resultados reprodutivos. Foram realizadas 10 amostragens durante cinco finais de semana, considerando o elevado movimento nestes dias.

Amostragem do ar do kartódromo fechado antes de seu funcionamento

Amostras controles foram coletadas no kartódromo fechado a uma distância de 1 km do circuito e 2 h antes do início de suas atividades. O tempo de 1 h de coleta teve que ser aumentado para 2 h por não ser suficiente para se atingir o nível de quantificação do método analítico.

Amostragem do ar do kartódromo aberto durante seu funcionamento

No kartódromo aberto, a bomba de amostragem foi posicionada a uma distância de 1,5 m da pista e a uma altura de 30 cm do solo,

aproximadamente. O fluxo foi de 1,0 L min⁻¹ e o tempo de amostragem de 4 h - suficiente para 8 corridas completas. Foram realizadas 10 amostragens nos dias de semana durante um mês, devido ao pouco movimento de usuários nos finais de semana.

Extração dos cartuchos

Cada leito dos cartuchos amostrados foi transferido para frascos de aproximadamente 2 mL cada. A cada frasco foi adicionado 1,0 mL de diclorometano (Merck, grau HPLC) refrigerado. Toda extração foi realizada em banho de gelo e com o frasco sempre selado com tampas e septos, para evitar qualquer possibilidade de evaporação dos BTEX ou do diclorometano. Os frascos foram colocados em banho de ultrassom com água gelada, por 10 min para completa extração e, em seguida, o extrato foi filtrado com filtro de 0,15 µm e transferido para outro frasco de 2 mL; após serem hermeticamente tampados, foram armazenados sob refrigeração até o dia da análise cromatográfica. A maior parte das análises foi realizada no mesmo dia da extração. Porém, pelo fato da injeção ser manual, as amostras que não foram injetadas no mesmo dia ficaram guardadas refrigeradas abaixo de 4 °C e analisadas no máximo no dia subsequente.

Análise dos BTEX por CG-EM

Alíquotas de 1,0 µL da solução foram injetadas em um cromatógrafo de fase gasosa acoplado a um detector seletivo de massas (CG-EM), marca Varian modelo Saturn 2000.

As condições de análise foram: temperatura do injetor 170 °C; sem divisão de amostra; temperatura inicial do forno 35 °C por 2 min; rampa de aquecimento 10 °C min⁻¹ até 120 °C; coluna capilar VF-5ms 30 m x 0,25 mm e 0,25 µm de espessura de filme.

O software utilizado para a identificação e cálculo foi o *MS Workstation*, versão 6.0 e a identificação dos BTEX foi realizada a partir da coinjeção de solução padrão. A análise foi realizada em modo monitoramento de íons seletivo, com pré-*scan* de 45 a 150 *m/z* e com monitoramento específico para os íons com razão *m/z* 78 para o benzeno e 91 para os demais aromáticos.

Preparo da curva de calibração

Para análise quantitativa dos BTEX das amostras oriundas do kartódromo fechado, foi preparada uma curva de calibração com concentrações que variaram entre 1,0 e 6,0 µg mL⁻¹, a partir de uma mistura padrão de concentração 200 mg L⁻¹ de BTEX (*Chem Service USTWI-IRPM*). Para a análise quantitativa das amostras provenientes do kartódromo aberto, como as concentrações ficaram abaixo de 1,0 µg mL⁻¹, a curva padrão foi preparada com pontos de 0,1 a 1,6 µg mL⁻¹. Cada ponto foi injetado em triplicata.

Os limites de detecção e de quantificação do instrumento foram calculados através de diluições decrescentes no analito até relação sinal-ruído de 3:1 e de 10:1, respectivamente.

Método para análise de ruído

O equipamento utilizado para a análise de ruído foi o decibímetro, marca Minipa modelo MSL-1325, que se encontrava devidamente calibrado.

O equipamento foi posicionado a uma distância lateral aproximada de 1,0 m do local onde foi colocada a bomba de sucção de ar, para evitar interferência no resultado de ruído, e o modo dB(A) foi selecionado para o monitoramento. O valor máximo foi registrado após o final do tempo da amostragem do ar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cromatograma da mistura padrão de 2,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de BTEX, são observados os picos bem resolvidos de cada composto, indicando que os parâmetros de análise cromatográfica adotados foram adequados e eficientes para a referida análise (Figuras 1 e 2).

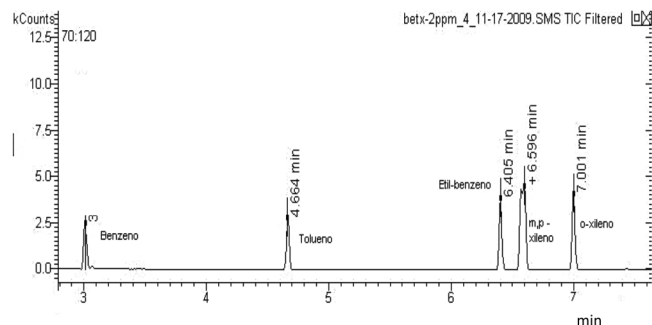


Figura 1. Cromatograma obtido por CG-EM da mistura padrão de BTEX na concentração 2,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$

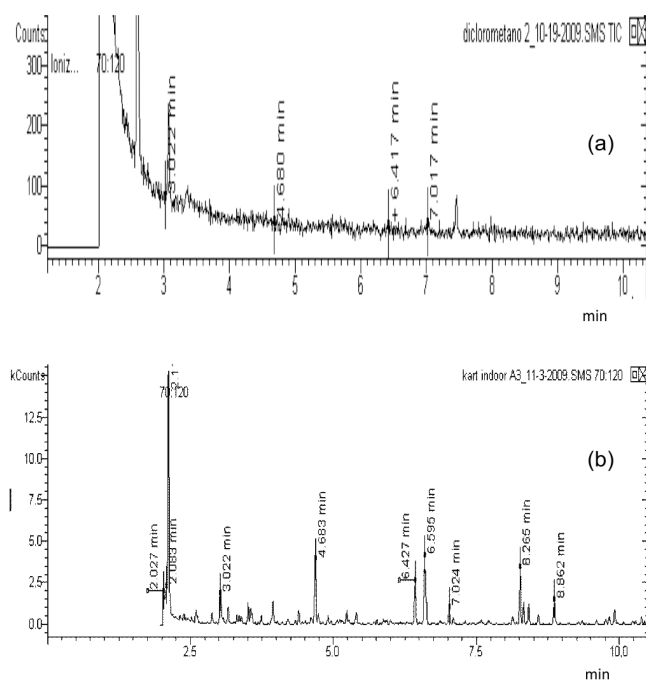


Figura 2. Cromatogramas obtidos por CG-EM: (a) da amostra branco; (b) da amostra coletada no kartódromo fechado

Os valores encontrados para o coeficiente de determinação (R^2) das duas curvas padrão com faixas de concentração de 1,0 a 6,0 e 0,1 a 1,6 $\mu\text{g mL}^{-1}$ são satisfatórios. Os coeficientes de determinação para o benzeno, tolueno e etilbenzeno foram acima de 0,99 e acima de 0,98

Tabela 2. Comparação da concentração de BTEX ($\mu\text{g m}^{-3}$) no ar atmosférico em diferentes ambientes^a

Local	B	T	E	m+p-X	o-X	T/B	Ref.
Kartódromo fechado (em funcionamento)	19,7	41,1	19,4	36,2	6,6	2,09	#
Kartódromo fechado (sem funcionamento)	6,7	17,3	6,9	12,2	2,4	2,58	#
Kartódromo aberto (em funcionamento)	2,0	4,1	2,8	1,7	0,7	2,05	#
Av. Presidente Vargas	9,4	17,0	12,7	27,2	19,2	1,81	15
Volta Redonda	20,3	3,3	ND	0,96	0,18	0,16	16

a: valores médios das 10 amostragens. B – Benzeno, T – Tolueno, E – Etilbenzeno, m+p-X – m e p-Xileno, o-X – o-Xileno, T/B – razão Tolueno/Benzeno. # - este trabalho

Tabela 1. Parâmetros obtidos para as análises cromatográficas para os BTEX: (A) faixa de concentração de 1,0 a 6,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$; (B) faixa de concentração de 0,1 a 1,6 $\mu\text{g mL}^{-1}$

BTEX	CD (A)	CD (B)	LD ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	LQ ($\mu\text{g mL}^{-1}$)
Benzeno	0,9907	0,9907	0,007	0,025
Tolueno	0,9949	0,9996	0,017	0,060
Etilbenzeno	0,9985	0,9985	0,016	0,050
m+p-Xilenos	0,9803	0,9981	0,025	0,070
o-Xileno	0,9847	0,9847	0,015	0,050

LD – Limite de Detecção, LQ – Limite de Quantificação, CD – Coeficiente de Determinação

para xilenos, mesmo se empregando injeções manuais (Tabela 1).

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nas amostragens do ar nos kartódromos - aberto e fechado - durante seu funcionamento e na amostragem controle (realizada no kartódromo fechado antes de seu funcionamento). A quantidade de BTEX no ar atmosférico durante a atividade do kartódromo fechado é muito superior à encontrada antes do início das corridas. O teor de xilenos é aproximadamente 4 vezes maior comparado com a amostra controle. O teor médio de benzeno (poluente mais tóxico) se mostrou muito elevado (acima de 300%), o que pode causar, principalmente em longo prazo, problemas de saúde em seus trabalhadores e até mesmo nos usuários que frequentemente vão a este local. Esta diferença poderia ser reduzida se nos kartódromos fechados fosse pelo menos exigido um sistema de exaustão eficiente.

A princípio, a análise dos teores de BTEX no estacionamento do shopping antes do início das atividades de kart foi realizada apenas para fins comparativos (amostra controle). Entretanto, os resultados mostraram que a concentração desses poluentes no ar é bastante relevante. Foi inclusive bem superior às obtidas nos kartódromos abertos, o que conduz a uma reflexão sobre os tipos de poluentes que a população frequentadora dos shoppings está exposta. Por outro lado, os valores médios de BTEX encontrados no kartódromo aberto (Tabela 2) mostram claramente a diferença entre os valores encontrados para os dois tipos de kartódromo. A poluição atmosférica do kartódromo fechado é muito maior do que ao do aberto, sendo observado um teor 10 vezes para o benzeno.

As fontes potenciais de BTEX que podem ter influenciado no grande valor desses compostos no ambiente fechado são a queima constante de combustíveis oriunda da prática da atividade no kartódromo, queima dos combustíveis provenientes dos automóveis estacionados ao redor do local de coleta das amostras e das emissões evaporativas dos veículos.

A inexistência de trabalhos publicados relacionados ao monitoramento ambiental de kartódromos impede a comparação dos valores encontrados com a literatura. Assim, para efeitos de avaliação, os resultados obtidos neste trabalho para o kartódromo aberto foram comparados com os teores encontrados na Av. Presidente Vargas,

que apresenta grande fluxo de carros e liga a zona norte ao centro da cidade do Rio de Janeiro (Tabela 2).¹⁵ Os valores de BTEX encontrados nesta avenida foram superiores aos encontrados no kartódromo aberto durante o seu funcionamento e na amostra controle foram inferiores aos valores encontrados nesta avenida, mas muito inferiores aos encontrados durante o funcionamento do kartódromo fechado. Neste caso, o teor de benzeno foi similar ao encontrado na cidade de Volta Redonda, com grande atividade industrial devido à presença da Companhia Siderúrgica Nacional que possui uma unidade carboquímica e coqueria.¹⁶

Quando os resultados deste estudo são comparados com outros obtidos em países europeus,^{17,18} estes são muito mais elevados. Nestes estudos, com milhares de amostras em diversas cidades, os valores médios encontrados estavam entre 0,5 a 2,5 $\mu\text{g m}^{-3}$ de BTEX, tanto para ambientes externos quanto para ambientes internos. Porém, alguns poucos valores encontram-se entre 20 a 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ em algumas localidades europeias, em especial próximas a locais com fluxo veicular intenso e atividades industriais. Em um extenso trabalho realizado na Bélgica,¹⁹ os resultados médios no interior de escolas foram para benzeno 0,98 $\mu\text{g m}^{-3}$, 4,44 $\mu\text{g m}^{-3}$ para tolueno, 1,07 $\mu\text{g m}^{-3}$ para etilbenzeno, 0,88 $\mu\text{g m}^{-3}$ para *o*-xileno e 2,64 $\mu\text{g m}^{-3}$ para *m+p*-xileno, o que evidencia que os resultados encontrados nos kartódromos estão muito elevados. Cabe ressaltar que o limite de exposição para ambientes internos na Bélgica é de 2,0 $\mu\text{g m}^{-3}$. Já em um estudo realizado em Oxford,²⁰ os autores encontraram valores médios para benzeno de 4,5 $\mu\text{g m}^{-3}$, 27,1 $\mu\text{g m}^{-3}$ para tolueno e 8,4 $\mu\text{g m}^{-3}$ para xilenos, sendo que os ambientes avaliados eram os de 500 voluntários escolhidos aleatoriamente, ou seja, os ambientes de trabalho eram variados.

Em se tratando de países asiáticos, trabalhos realizados na China²¹⁻²³ no interior de 22 ônibus públicos indicaram valores de 21,3 a 106,4 $\mu\text{g m}^{-3}$ para benzeno, 53,5 a 266,0 $\mu\text{g m}^{-3}$ para tolueno, 19,6 a 95,9 $\mu\text{g m}^{-3}$ para etilbenzeno e 46,9 a 234,8 $\mu\text{g m}^{-3}$ para xilenos, o que indica valores muito mais elevados do que encontrados nos kartódromos.

Em geral, as razões entre benzeno e tolueno são empregadas por diversos autores para evidenciar a origem destes compostos na atmosfera.²⁴⁻²⁷ A presença do benzeno é atribuída às emissões veiculares, enquanto a presença de tolueno é atribuída, além das emissões veiculares, aos processos evaporativos. Valores da razão tolueno/benzeno acima de 4 indicam fontes predominantes de emissões evaporativas de solventes e similares. Os valores apresentados neste trabalho para as amostras ficaram entre 2,1 a 2,6, o que indica a forte contribuição dos veículos dos kartódromos.

Os kartódromos - tanto o fechado quanto o aberto - apresentam, durante uma corrida, variação de ruído contínuo flutuante para os funcionários e para o público. Entretanto, para os usuários dos karts, o ruído é do tipo contínuo estacionário. Os níveis de ruído no kartódromo fechado foram aproximadamente 15% maiores do que o do aberto (Tabela 3). Pode parecer insignificante, porém a NR-15 da Portaria n.º 3.214 de 08/06/1978, Ministério do Trabalho e Emprego da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, mostra que o tempo máximo de exposição diária permissível varia muito para intervalos muito pequenos de níveis de ruído. Segundo a norma, para o nível de ruído de 88 dB (A), um indivíduo pode se expor diariamente durante 5 h, enquanto que para o nível de 101 dB (A) a exposição deve ser de no máximo 45 min. Isso comprova que os níveis de ruído no kartódromo fechado tornam o ambiente mais poluído e mais agressivo para o ouvido humano, quando comparado ao aberto, onde ocorre a maior propagação do som.

A percepção da exposição aos poluentes em um kartódromo muitas vezes não é tão bem percebida como é para os níveis de ruído. A intoxicação por BTEX é lenta e cumulativa já que esses poluentes

Tabela 3. Valores máximos permitidos para BTEX ($\mu\text{g m}^{-3}$) na atmosfera

Poluente	NR-15	CONAMA	UE	NIOSH	OSHA
Benzeno	3,3 a 8,2 x 10 ^{3*}	NS	5,0	3,2 x 10 ²	3,2 x 10 ³
Tolueno	2,9 x 10 ⁵	NS	NS	3,8 x 10 ⁵	7,6 x 10 ⁵
Xilenos	3,4 x 10 ⁵	NS	NS	4,3 x 10 ⁵	4,3 x 10 ⁵
Etilbenzeno	3,3 x 10 ⁵	NS	NS	--	--

Observações: * Em casos especiais; NS - Não sugerido; NR-15, NIOSH e OSHA referem-se a ambientes internos.

são metabolizados e excretados lentamente pelo organismo. Já a exposição a elevados níveis de ruído provoca incômodo instantâneo e danos ao sistema auditivo (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação dos valores médios de ruído entre os kartódromos de ambiente interno e de ambiente externo

Valor médio do ruído em dB (A)	Kartódromo de ambiente externo (Ko)	Kartódromo de ambiente interno (Ki)	Relação Ki/Ko
	88,0	101,01	1,15 vezes maior

CONCLUSÃO

A poluição do ar causada por BTEX nas corridas de kart é dependente do local das provas. No kartódromo aberto, a maior dispersão dos poluentes faz com que o teor destes no ar seja bem menor comparado à mesma atividade em um local fechado. Entretanto, em ambos os casos observa-se a presença de benzeno, que deve ser encarada com preocupação por conta de sua alta toxicidade. As presenças de tolueno, etilbenzeno e dos xilenos e de elevado ruído no local não devem ser desconsideradas e também merecem atenção no que diz respeito à exposição em longo prazo. Dessa forma, estes resultados inéditos são importantes não só para efeitos comparativos em trabalhos futuros, mas também devem servir para que os órgãos ambientais brasileiros comecem a se preocupar e regulamentem este tipo de atividade, quer seja exigindo a instalação de exaustores principalmente em locais fechados ou a substituição dos combustíveis fósseis por etanol.

REFERÊNCIAS

- Field, R. A.; Goldstone, M. E.; Lester, J. N.; Perry, R.; *Atmos. Environ.* **1992**, *26A*, 2983.
- Černá, M.; Pochmanova, D.; Pastorkova, A.; Beneš, I.; Leniček, J.; Topinka, J.; Binková, B.; *Mutat. Res.* **2000**, *469*, 71.
- Cruz, L. P. S.; Campos, V. P.; *Quim. Nova* **2002**, *25*, 406.
- Machado, R. A.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2003.
- IARC - Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; *Overall Evaluations of Carcinogenicity*, vol. 1-42, Suppl 7; WHO - International Agency for Research on Cancer, Lyons, France, 1987, 38-74.
- International Standard Organization; *ISO 2204*, 1973.
- Ministério do Trabalho do Brasil; NR-15 da *Portaria n.º 3.214*, 08/06/1978.
- CONAMA; *Resolução n.º 03/90*, 28/06/90.
- USEPA; *Compendium Method TO-1*, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH 45268, 1984.
- USEPA; *Compendium Method TO-2*, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH 45268, 1999.
- Schirmer, W. N.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2004.

12. Corrêa, S. M.; Arbilla, G.; *Atmos. Environ.* **2006**, *40*, 6821.
13. Corrêa, S. M.; Arbilla, G.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2007**, *18*, 539.
14. Correa, S. M.; Arbilla, G.; Marques, M. R. C.; Oliveira, K. M. P. G.; *Atmos. Poll. Res.* **2012**, *3*, 163.
15. Côrrea, S. M.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
16. Gioda, A.; Aquino Neto, F. R.; *Quim. Nova* **2003**, *26*, 359.
17. Pérez-Rial, D.; López-Mahía, P.; Muniategui-Lorenzo, S.; Prada-Rodríguez, D.; *J. Environ. Monit.* **2009**, *11*, 1216.
18. Espluques, A.; Ballester, F.; Estarlich, M.; Llop, S.; Fuentes-Leonarte, S.; Mantilla, E.; Iñiguez, C.; *Sci. Total Environ.* **2010**, *409*, 63.
19. Stranger, M.; Potiegeter-Vermaak, S. S.; van Grieken, R.; *Environ. Int.* **2007**, *33*, 789.
20. Gelencsér, A.; Siszler, K.; Hlavay, J.; *Environ. Sci. Technol.* **1997**, *31*, 2869.
21. Lai, H. K.; Kendall, M.; Ferrier, H.; Lindup, I.; Alm, S.; Hanninen, O.; Januten, M.; Mathys, P.; Colvile, R.; Ashmore, M. R.; Cullinan, P.; Nieuwenhuijsen, M. J.; *Atmos. Environ.* **2004**, *38*, 6399.
22. Chen, X.; Zhang, G.; Zhang, Q.; Chen, H.; *Build. Environ.* **2011**, *46*, 421.
23. Lu, H.; Cai, Q.; Wen, S.; Chi, Y.; Gui, S.; Sheng, G.; Fu, J.; Katsoyianis, A.; *J. Hazard. Mater.* **2010**, *178*, 673.
24. Bravo, H.; Sosa, R.; Sánchez, P.; Bueno, E.; González, R.; *Atmos. Environ.* **2002**, *36*, 3843.
25. Bruno P.; Caselli, M.; Gennaro, G.; Tutino, M.; *J. Atmos. Chem.* **2005**, *54*, 177.
26. Chan, C. Y.; Chan, L. Y.; Wang, X. M.; Liu, Y. M.; Lee, S. C.; Zou, S. C.; Sheng, G. Y.; Fu, J. M.; *Atmos. Environ.* **2002**, *36*, 2039.
27. Xu, X.; Pereira, M.; Miller, L. J.; Grgicak-Mannion, A.; Wheler, A.; *American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, California, USA.*