

Concentração de fluoreto na vegetação próxima do pólo de fertilizantes de Cubatão, São Paulo, Brasil

Fluoride concentration in the adjacent vegetation next to fertilizer industries of Cubatão, São Paulo State, Brazil

Priscilla Torres Tagawa¹
Durval Libutti Moruzzi²
Jaime Aparecido Cury¹

Abstract *The aim of this study was to evaluate if fluoride pollution found in 1996 in Cubatão, SP, Brazil, using the vegetation as biomarker; changed in the last ten years. Leaves of Terminalia cattappa located at the industrial area around the industries of fertilizers and in the urban area of the city were collected in 1996 and 2006. They were dried, powdered and fluoride water soluble extracted was analyzed with specific electrode. The fluoride concentration in the leaves around fertilizer industries was 12 times greater than that found in the urban area, either in 1996 or 2006, respectively. The data suggest that in the last ten years the environmental pollution by fluoride in Cubatão has not improved.*

Key words *Fluoride, Pollution, Fertilizer industries*

Resumo *O objetivo deste trabalho foi avaliar se a poluição por fluoreto observada em 1996 em Cubatão (SP), utilizando a vegetação como biomarcador, teve alterações nos últimos dez anos. Folhas de Terminalia cattappa (chapéu do sol), localizadas na região das indústrias de fertilizantes e na área urbana municipal, foram coletadas em 1996 e 2006. As folhas foram desidratadas, pulverizadas e fluoreto extraído com água foi analisado com eletrodo específico. A concentração de fluoreto encontrada nas folhas das árvores localizadas ao redor do pólo de fertilizantes foi doze vezes maior do que a naquelas da área urbana, tanto em 1996 como 2006. Sugere-se que a poluição ambiental por fluoreto em Cubatão não apresentou melhoria em dez anos.*

Palavras-chave *Flúor, Poluição, Indústria de fertilizantes*

¹ Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas. Av. Limeira 901, Caixa Postal 52. 13414-903 Piracicaba SP.

prittagawa@hotmail.com

² Prefeitura Municipal de Santos.

Introdução

Fluoreto é um poluente ambiental industrial¹ e entre as fontes poluidoras estão as indústrias de alumínio, cerâmicas, vidros, aço, ácido fosfórico e tijolos, com destaque para a de fertilizantes². Esta poluição pode atingir diretamente não só os trabalhadores destas indústrias³, como pode se propagar à distância, provocando desequilíbrio no ecossistema⁴.

O município de Cubatão (SP) possui um grande número de indústrias de fertilizantes e o impacto da poluição por fluoreto na vegetação da Serra do Mar tem sido relatado desde 1994⁵. As plantas podem ser usadas para o biomonitoramento da qualidade do ar² e, através das folhas, é possível medir o acúmulo e a concentração do fluoreto no tecido foliar. Assim, em folhas de *Terminalia cattappa*, popularmente conhecida como chapéu do sol, localizadas próximas às fábricas de fertilizantes de Cubatão, foi encontrada em 1996 uma alta concentração de fluoreto⁶.

Deste modo, o objetivo desta comunicação é divulgar dados comparativos de 1996 e 2006 da variação da concentração de fluoreto nas folhas de árvores do município de Cubatão, como biomarcador de mudança da qualidade do ar.

Materiais e métodos

Amostragem

Folhas de árvores da espécie arbórea *Terminalia cattappa*, nome popular chapéu do sol, localizadas ao redor de oito fábricas de fertilizantes de Cubatão (SP) e em quatro locais da zona urbana fora do complexo industrial deste município, foram colhidas dos mesmos lugares nos anos de 1996 e 2006. As folhas foram colhidas no segundo semestre de cada ano, em dias sem chuva e no período matutino. Foram coletadas três folhas do galho mais baixo, aproximadamente 1,70 m, na terceira ramificação, sendo uma folha nem muito nova (verde e pequena) e nem muito velha (seca e queimada), e foram colocadas em sacos de papel. Os sacos foram codificados, sendo o estudo cego com relação à análise laboratorial.

Extração e determinação do fluoreto

As folhas foram picotadas, desidratadas a 90° C por vinte horas, moídas e duplicatas de 5 a 15 mg ($\pm 0,01$ mg), foram pesadas em tubos de ensaio plásticos. Um mililitro de água destilada e

deionizada foi adicionada aos tubos e após trinta minutos sob agitação a 37°C, o extrato foi tamponado com 1,0 mL de TISAB II [tampão acetato 1 M pH 5,0, contendo NaCl 1 M, e CDTA (ácido 1,2 ciclohexanodiaminotetracético a 0,4%)]. O fluoreto extraído foi determinado com eletrodo específico Orion 96-09 e analisador de íons Orion EA-940, previamente calibrados com padrões de íon flúor de 0,05 a 20 µg F/mL. A variabilidade média entre as duplicatas foi menor que 9%. A metodologia de extração quanto à secagem, peso de amostra e temperatura de extração foi previamente padronizada.

Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o software Bioestat⁷ a 5% de significância e a diferença de concentração entre os anos de 1996 e 2006 para cada região foi estimada pelo teste t pareado.

Resultados

A Figura 1 mostra os resultados das médias e desvios padrões das concentrações de fluoreto encontradas em 1996 e 2006 nas duas regiões do município de Cubatão. A concentração na vegetação ao redor de oito indústrias de fertilizantes variou de 33,8 a 363,9 e 65,3 a 470,4 µg F/g e na zona urbana fora do complexo industrial (n = 4)

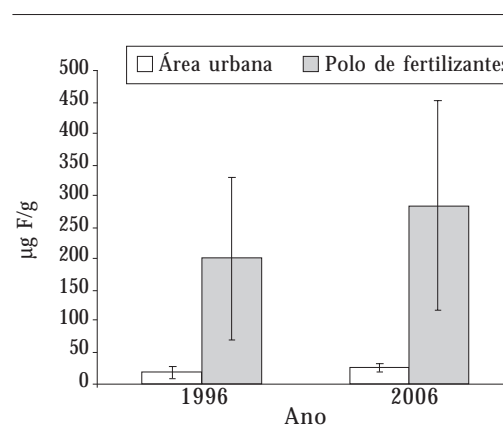


Figura 1. Médias (DP) da concentração de fluoreto (µg F/g peso seco de folha) encontradas em 1996 e 2006 nas folhas de *T. cattappa* localizadas na área urbana (n = 4) e no pólo industrial de fertilizantes (n = 8) de Cubatão, São Paulo, Brasil.

variou de 10,8 a 33,2 e 16,0 a 30,4 $\mu\text{g F/g}$ em 1996 e 2006, respectivamente. A diferença de média entre os anos de avaliação para cada região não foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$), sendo significante entre regiões ($p < 0,05$).

Discussão

O efeito da poluição ambiental por fluoreto pelo complexo industrial de Cubatão na vegetação nativa da Serra do Mar tem sido avaliado em folhas de plantas das espécies *Tibouchina pulchra*, *Miconia pyrifolia* e *Cecronia glazioui*². No presente estudo, utilizamos folhas de *Terminalia catappa*, popularmente conhecida por chapéu do sol, porque esta é a espécie comumente encontrada na arborização das ruas tanto da região do complexo industrial como na da região urbana de Cubatão, possibilitando a comparação de resultados.

A concentração de fluoreto encontrada nas folhas das árvores chapéu do sol, localizadas nas quatro áreas urbanas de Cubatão (Figura 1), sugere que a poluição por fluoreto neste local não deve ser considerada grave porque o valor de até 20 $\mu\text{g F/g}$ de peso seco de folha tem sido considerado normal⁸.

Entretanto, a concentração encontrada nas folhas das árvores localizadas na região das fá-

bricas de fertilizantes é preocupante porque valores maiores que 90 $\mu\text{g F/g}$ podem causar impacto ambiental severo⁹. A alta concentração encontrada, tanto em 1996 como em 2006 (Figura 1), é coerente com aquela encontrada em Cubatão em 1994⁵ e 2001¹⁰ na vegetação do vale do rio Mogi. Por outro lado, esta concentração encontrada ao redor das fábricas de fertilizantes parece não atingir a zona urbana de Cubatão, onde baixa concentração nas folhas foi encontrada nas regiões avaliadas (Figura 1). Assim, o impacto no ecossistema deve atingir não só a fauna e flora ao redor das fábricas de fertilizantes, como pode afetar a saúde de pessoas trabalhando¹¹ ou vivendo nas proximidades dessas indústrias.

Deve ser destacado que a poluição por fluoreto em Cubatão tem sido atribuída à emissão de poluentes pelas fábricas de fertilizantes² e, de fato, não encontramos alta concentração de fluoreto nas folhas de chapéu do sol localizadas ao redor das demais indústrias locais (dados não mostrados). Também deve ser enfatizado que o poluente deve ser gasoso¹ e não particulado aéreo, desde que a concentração encontrada é a mesma, lavando-se ou não as folhas (dados não mostrados).

Em conclusão, os dados sugerem que poluição ambiental por fluoreto em Cubatão não melhorou nos últimos dez anos o que deve servir de alerta para os possíveis efeitos ambientais.

Colaboradores

PT Tagawa foi responsável pela coleta das amostras em 2006, colaboração nas análises e participação na redação do artigo. DL Moruzzi foi responsável pela coleta das amostras em 1996, redação da monografia de 1996 e participação na redação do artigo. JA Cury é o autor intelectual do trabalho, responsável pelas análises, interpretação dos dados e redação do artigo.

Agradecimentos

Ao técnico do laboratório de Bioquímica Oral da FOP-UNICAMP, Sr. Waldomiro Vieira Filho, pela colaboração nas análises de íon flúor, e à cirurgiã-dentista Claudia Rodrigues pelo auxílio durante a coleta de amostras feita em 1996.

Referências

1. Smith FA, Ekstrand J. The occurrence and chemistry of fluoride. In: Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA, editors. **Fluoride in Dentistry**. 2nd ed. Copenhagen: Munksgaard; 1996. Chapter 1.
2. Klumpp A, Domingos M, Klumpp G. Assessment of the vegetation risk by fluoride emissions from fertilizer industries at Cubatão, Brazil. **Sci Total Environ** 1996;192:219-228.
3. Hoflich BL, Weinbruch S, Theissmann R, Gorzawski H, Ebert M, Ortner HM, Skogstad A, Ellingsen DG, Drablos PA, Thomassen Y. Characterization of individual aerosol particles in workroom air of aluminum smelter potrooms. **J Environ Monit**. 2005; 7(5):419-424.
4. Mukherjee AK, Ravichandran B, Bhattacharya SK, Ahmed S, Roy SK, Thakur S, Roychowdhury A, Saiyed HN. Environmental pollution in rural areas of Orissa state due to industrial emissions—with special reference to fluoride. **Indian J Environ Health**. 2003; 5(4):325-334.
5. Klumpp A, Domingos M, Moraes RM, Klumpp G. Effects of complex air pollution on tree species of the Atlantic rain forest near Cubatão, Brazil. **Chemosphere** 1998; 36:989-994.
6. Moruzzi DL, Sewel MCD, Cury JA. **Avaliação de indicadores de poluição ambiental por fluoretos à partir do Pólo Industrial de Cubatão, SP** [monografia]. Araras (SP): Faculdade de Odontologia, Universidade de Araras; 1996.
7. Ayres M, Ayres Jr M, Ayres DL, Santos AS. **BioEstat 2.0: Aplicações Estatísticas em Ciências Biológicas e Medicina**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq; 2000.
8. Weinstein LH. Fluoride and plant life. **J Occup Med** 1977;19:49-78.
9. Scholl G. Ein biologisches Verfahren zur Bestimmung der Herkunft und Verbreitung von Fluorverbindungen in der Luft. **Landw Forsch** 1971;26:29-35.
10. Furlan CM, Domingos M, Salatino A. Effects of initial climatic conditions on growth and accumulation of fluoride and nitrogen in leaves of two tropical tree species exposed to industrial air pollution. **Sci Total Environ** 2007; 374(2-3):399-407.
11. Seki CT, Buschinelli JT, Ferreira LL, Matallo MR, Morita SM. Comunicação sobre fluorose. **Rev bras saúde ocup** 1982; 9:48-49.

Artigo apresentado em 18/06/2007

Aprovado em 14/12/2007