

Assessment of Human Exposure to Airborne Trace Metals in a Residential Area Near an Industrial Waste Pile in Southeastern Brazil

Camila Faia de Sá¹; Renato Marçullo Borges¹; Ruan Victor Ferreira Soares¹; Maria de Fátima Ramos Moreira¹

¹*Center for Studies on Occupational Health and Human Ecology, National School of Public Health, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, Brazil.*

Fundação Oswaldo Cruz - ENSP/CESTEH

INTRODUCTION: Chronic exposure to Pb, Mn, Cd, Cr, and Ni may result in severe health outcomes such as carcinogenicity, neurotoxicity, and respiratory disorders. In this study, the concentrations of these toxic metals were assessed in a residential complex located near the waste disposal area of the Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), in Volta Redonda-RJ, Brazil.

OBJECTIVE: To determine the concentrations of these metals in ambient air and to evaluate the potential impact on the exposed population by analyzing biomarkers of internal exposure.

MATERIAL AND METHODS: Air sampling was conducted at four fixed monitoring sites over a period of four years, targeting stationary emission sources. The concentrations of metals in air and biological samples were determined using ICP-MS and GFAAS, respectively. To ensure analytical quality, certified reference materials were used: EP-H3 Drinking Water (EnviroMAT), Lyphochek Whole Blood Metals Control, and Lyphochek Urine Metals Control (BIORAD).

RESULTS AND CONCLUSION: The study included five air monitoring campaigns with the participation of 211 residents. In all air samples, Cr levels exceeded the 0.1 ng.m⁻³ limit set by IRIS-USEPA, and 40.5% of samples surpassed the 3.0 ng.m⁻³ Ni threshold from NYSDEC, among the most stringent standards worldwide. Pb, Cd, and Mn concentrations were below regulatory air quality limits. Biological samples revealed (in µg.L⁻¹ unless noted): Cd-U: 0.53 (0.20–3.70), Cd-B: 0.70 (0.28–1.62), Cr-U: 0.35 (0.22–2.98), Ni-U: 3.76 (1.40–39.75), Mn-B: 7.69 (2.69–20.54), Mn-U: 0.94 (0.39–20.44), and Pb-B: 1.76 µg/dL (0.39–8.32). Although some metals did not exceed air quality standards, internal exposures were significant. 34% of participants presented blood lead levels above the national biological reference value (95% Confidence Interval: 1.89–2.04 µg.L⁻¹). 50% had urinary chromium levels exceeding reference limits (95% CI: 0.033–0.043 µg/g creatinine). 68% exhibited elevated urinary nickel

levels (95% CI: 1.294–1.793 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), with a mean of 3.61 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, which surpasses levels typically observed in occupationally exposed cohorts. These findings underscore a significant environmental exposure scenario, with potential implications for neurobehavioral, genotoxic, and endocrine-disrupting effects. The strong correlation between ambient metal concentrations and internal biomarkers reinforces the need for continuous environmental health surveillance and public health intervention strategies.

Trace metals; Human biomonitoring; Air pollution; ICP-MS; GFAAS; Public health;

Avaliação Integrada da Exposição a Metais Traço por Monitoramento
Atmosférico e Biomarcadores em Moradores Próximos a um Depósito de
Resíduos Industriais no Brasil

Introdução: A exposição crônica ao Pb, Mn, Cd, Cr e Ni, pode causar danos à saúde como carcinogenicidade, neurotoxicidade e ao sistema respiratório. Nesse estudo, as concentrações desses metais foram avaliadas em condomínio próximo à montanha de rejeitos da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em Volta Redonda-RJ.

Objetivo: Determinar as concentrações desses metais no ar, assim como avaliar o impacto dessa exposição na população local através de biomarcadores.

Material e Métodos: A amostragem do ar envolveu metodologia com fonte de emissão estacionária em 4 pontos de coleta durante 4 anos. As concentrações dos metais e dos biomarcadores foram determinadas por ICP-MS e GFAAS, respectivamente. Para garantir a qualidade analítica dos resultados, foram utilizados materiais de referências EP-H3 Drinking Water (EnviroMAT), Lyphochek Whole Blood Metals Control e Lyphochek Urine Metals Control (BIORAD).

Resultados e Conclusão: O estudo envolveu cinco campanhas de coleta para amostragem do ar, com participação de 211 moradores. Em todas as amostras de ar, a concentração de Cr excedeu o limite de $0,1 \text{ ng m}^{-3}$ estabelecido pelo IRIS-USEPA, e 40,5% excederam o limite de Ni, de $3,0 \text{ ng m}^{-3}$, indicado pelo Departamento de Conservação Ambiental do Estado de Nova Iorque (NYSDEC). Os limites propostos são os mais restritivos na legislação mundial. Pb, Cd e Mn ficaram abaixo dos limites legais ambientais. Nas amostras biológicas, as concentrações e as faixas encontradas, em $\mu\text{g L}^{-1}$, foram, respectivamente: Cd-U, 0,53 (0,20-3,70); Cd-S, 0,70 (0,28-1,62); Cr-U, 0,35 (0,22-2,98); Ni-U, 3,76 (1,40-39,75); Mn-S, 7,69 (2,69-20,54); Mn-U, 0,94 (0,39-20,44), e Pb-S, em $\mu\text{g dL}^{-1}$, 1,76 (0,39-8,32). Embora alguns metais no ar não tenham ultrapassado os limites legais, os resultados indicam impactos relevantes da exposição contínua, mesmo em baixas concentrações. Para chumbo, 34% dos moradores apresentaram níveis acima do valor de referência nacional (IC 95%: 1,89-2,04 $\mu\text{g L}^{-1}$). No caso do cromo, 50% excederam o limite de referência (IC 95%: 0,033-0,043 $\mu\text{g g}^{-1}$), enquanto para níquel, 68% dos resultados estavam elevados (IC 95%: 1,294-1,793 $\mu\text{g L}^{-1}$), com média de 3,61 $\mu\text{g L}^{-1}$ - superior à observada em populações com exposição ocupacional. Os resultados evidenciam uma exposição ambiental significativa, com potenciais efeitos neurocomportamentais, genotóxicos e endócrinos. A correlação entre os níveis ambientais e biomarcadores reforça a urgência de vigilância contínua e ações públicas de mitigação. Os dados revelaram exposição significativa aos metais, com risco potencial de efeitos neurocomportamentais, genotóxicos e endócrinos. A

correlação entre os níveis ambientais e os biomarcadores reforça a necessidade de ações corretivas, incluindo vigilância ambiental contínua e políticas públicas de mitigação.

Trace metals; Human biomonitoring; Air pollution; ICP-MS; GFAAS; *pPublic* health;