

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA  
SERGIO AROUCA  
ENSP

Sayonara Vieira de Azevedo

**População exposta ambientalmente a metais oriundos de resíduos industriais:**  
uma avaliação do risco à saúde dos moradores de condomínio em Volta Redonda, RJ

Rio de Janeiro

2018

Sayonara Vieira de Azevedo

**População exposta ambientalmente a metais oriundos de resíduos industriais:**  
uma avaliação do risco à saúde dos moradores de condomínio em Volta Redonda, RJ

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria de Fátima Ramos Moreira.

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Andrea Sobral de Almeida.

Rio de Janeiro

2018

Título do trabalho em inglês: Population environmentally exposed to metals from industrial waste: An assessment of the health risk of condominium residents in Volta Redonda, RJ.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Catálogo na fonte  
Fundação Oswaldo Cruz  
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde  
Biblioteca de Saúde Pública

A994p     Azevedo, Sayonara Vieira de.  
            População exposta ambientalmente a metais oriundos de resíduos industriais: uma avaliação do risco à saúde dos moradores de condomínio em Volta Redonda, RJ / Sayonara Vieira de Azevedo. — 2018.  
            175 f. : il. color. ; graf. ; mapas ; tab.  
  
            Orientadora: Maria de Fátima Ramos Moreira.  
            Coorientadora: Andrea Sobral de Almeida.  
            Tese (doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2018.  
  
            1. Metais. 2. Exposição Ambiental. 3. Biomarcadores Ambientais. 4. Sangue. 5. Urina. 6. Resíduos Industriais. I. Título.

CDD – 23.ed. – 615.925688

Sayonara Vieira de Azevedo

**População exposta ambientalmente a metais oriundos de resíduos industriais: uma avaliação do risco à saúde dos moradores de condomínio em Volta Redonda, RJ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Aprovada em: 13 de dezembro de 2018.

Banca Examinadora

Prof.<sup>a</sup> Dra. Rejane Corrêa Marques

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.<sup>a</sup> Dra. Simone Lorena Quitério de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Cristina Simões Rosa

Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca.

Prof.<sup>a</sup> Dra. Liliane Reis Teixeira

Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca.

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria de Fátima Ramos Moreira (Orientadora)

Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca.

Rio de Janeiro

2018

## **DEDICO ESSA TESE**

Aos meus irmãos e amigos por me auxiliarem com dedicação, compreensão e estímulo nessa missão. Agradeço, em especial, a Terezinha Vieira de Carvalho que é o meu grande exemplo de força e ao meu pai, José Aurélio Nunes de Azevedo (*in memoriam*), que mesmo não estando mais entre nós, me deu bases sólidas para o meu crescimento pessoal, profissional e espiritual.

## AGRADECIMENTOS

Expressar todo sentimento de gratidão não é algo tão fácil, gratidão não possui média, mediana, desvio padrão e muito menos p-valor. É um sentimento imensurável e é, a meu ver, o único sentimento que nos conecta verdadeiramente a Deus.

Assim, primeiramente, agradeço a Deus por me iluminar e me preencher de segurança e força para suportar e enfrentar todas as dificuldades no decorrer dessa tese. Expresso a minha gratidão e meus sinceros agradecimentos pela Tua eterna fidelidade e amor.

A Meishu-Sama por me inspirar a ter serenidade nessa missão e por intensificar a minha fé em Deus.

As minhas orientadoras Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima Ramos Moreira e Dr.<sup>a</sup> Andrea de Almeida Sobral pelo apoio, incentivo e pelas suas orientações que foram fundamentais na elaboração dessa tese. Expresso o meu agradecimento, que sempre será pouco diante do muito que me foi ensinado.

Aos mestres e aos coordenadores do Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, minha gratidão por transmitem seus conhecimentos e experiências profissionais e de vida com dedicação e carinho, em especial, a Dr.<sup>a</sup> Liliane Reis Teixeira pelo suporte e incentivo e a Dr.<sup>a</sup> Rosalina Jorge Koifman, por ter sido um grande exemplo de força, pois mesmo após uma importante perda familiar, retornou à sala de aula por respeito a turma e amor a profissão.

Ao meu amigo Leandro Luis Portela dos Santos que me apoiou em todos os momentos dessa tese.

À minha maravilhosa turma, agradeço a cada um de vocês por serem tão carinhosos. Em especial, aos amigos Carlos Alexandre Pereira, Clarissa Castro, Dennys Mourão e Maíra Cardoso pelo apoio e incentivo de sempre.

Aos queridos amigos que fazem ou fizeram parte do Laboratório de Toxicologia, Setor Metais, Bruno Paredes, Fabiana Coutinho, Fernanda Baptista, Joelma Barros, Regina Aderne, Renato Marçullo e Thaisa Negreiros, gratidão por serem tão companheiros, por se preocuparem e me auxiliarem em diferentes etapas de elaboração dessa tese.

À toda equipe envolvida nos trabalhos de campo, Amanda Ginuino, Bruno Paredes, Jaime Abreu Filho, Joelma Barros, Juliana Mendonça, Júlio Rosa, Leandro Vargas, Leonardo Bastos, Luciana, Paulo Victor Gomes, Renato Marçullo, Sandra Ferreira e Tatyane Pereira, Thaisa Negreiros, agradeço a vocês por serem tão dedicados, responsáveis, amigos e mesmo, por vezes, com fome, sede e calor estavam sempre com um sorriso no rosto. A coleta sem vocês, não teria sido possível e tão pouco, especial.

Aos amigos e aos colegas que se preocuparam e me incentivaram com uma palavra amiga ou com boas vibrações.

Aos profissionais da Secretaria Municipal de Volta Redonda por auxiliar toda a equipe na logística de campo, Artur Kimura, Francis Zonta, Janaína Rodrigues, Marta Magalhães, Priscilla Delfino, Silmar Ferreira, Sr Luis, Talita Moraes, Tayana Garcia e a todos os demais profissionais que participaram de forma direta ou indiretamente nesse projeto.

Ao Comitê de Ética em Pesquisas, em especial, a Maria Emília Duarte e a SECA, em especial a Lilian Messerschmidt, ambas amigas queridas, incentivadoras, prestativas e de sorrisos sinceros. À Secretaria do PPGSPMA, em especial à Selma Ribeiro por estar sempre disposta a nos ajudar. À Biblioteca de Saúde Pública, em especial, Goretti Araújo pelas ricas orientações na finalização desse trabalho.

*“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana seja apenas outra alma humana.”*

Carl G. Jung

*“Vejo o mundo como um organismo vivo do qual somos parte, não os donos, não os inquilinos, sequer os passageiros. Explorar esse mundo na escala que fazemos seria tão tolo quanto considerar supremo o cérebro e dispensável as células de outros órgãos.”*

James Lovelock



## RESUMO

**Introdução:** Indústrias como fundições, galvanoplastia e de produção de aço emitem resíduos metálicos que pode contaminar o ambiente e a população como a do condomínio Volta Grande IV, localizado no município de Volta Redonda. **Objetivo:** O objetivo desse estudo foi avaliar o risco à saúde de população ambientalmente exposta a metais supostamente oriundos de resíduos industriais no Condomínio Habitacional Volta Grande IV (Volta Redonda, RJ). **Materiais e Métodos:** A população do estudo foi composta por 133 adultos. ETAAS e ICP-MS foram utilizados para a determinação de metais em amostras biológicas e ambientais. Ar atmosférico e poeira doméstica foram coletados nas diferentes campanhas, utilizando metodologias específicas. Água de torneira também foi coletada. O sangue total foi coletado para análise de traços, enquanto a urina foi coletada em recipientes de 50 mL. **Resultados:** As médias obtidas para Mn-B e Mn-U foram de  $7,28 \pm 2,23$  e  $0,63 \pm 0,56 \mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente. Com relação ao Cd e Cr na urina, as médias foram  $0,73 \pm 0,61 \mu\text{g L}^{-1}$  para o Cd e  $0,56 \pm 0,41 \mu\text{g L}^{-1}$  para o Cr. A média obtida para o Pb-B foi de  $1,47 \pm 1,11 \mu\text{g dL}^{-1}$ . Algumas morbidades atuais ou pregressas também foram investigadas, sendo doenças de pele x Cd-U e doenças uroginecológicas x Mn-S estatisticamente significativas. Parâmetros hematológicos também foram investigados e foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Os resultados em água de torneira foram: LQ a  $0,07 \mu\text{g L}^{-1}$  (Cd); LQ a  $0,89 \mu\text{g L}^{-1}$  (Cr); LQ a  $8,73 \mu\text{g L}^{-1}$  (Mn); LQ a  $2,21 \mu\text{g L}^{-1}$  (Pb). As concentrações de Cd em poeira doméstica, externa e interna foram  $1,36 \mu\text{g m}^{-2}$  e  $2,76 \mu\text{g m}^{-2}$ , respectivamente. Para Cr, os valores encontrados foram: poeira externa –  $104,51 \mu\text{g m}^{-2}$  e poeira interna –  $148,49 \mu\text{g m}^{-2}$ . Em relação ao manganês, os níveis encontrados para poeira externa foi de  $429,25 \mu\text{g m}^{-2}$  e para poeira interna foi de  $198,93 \mu\text{g m}^{-2}$ . Para chumbo os valores medianos foram  $33,57 \mu\text{g m}^{-2}$  (poeira externa) e  $20,61 \mu\text{g m}^{-2}$  (poeira interna). A concentração de cádmio em ar variou de  $0,25$  a  $0,71 \text{ ng m}^{-3}$  (1ª campanha), de  $0,15$  a  $1,36 \text{ ng m}^{-3}$  (2ª campanha) e de  $0,11$  a  $0,63 \text{ ng m}^{-3}$  (3ª campanha), os níveis de cromo variaram de  $2,96$  a  $8,51 \text{ ng m}^{-3}$  (1ª campanha),  $0,43$  a  $3,61 \text{ ng m}^{-3}$  (2ª campanha) e de  $0,62$  a  $2,28 \text{ ng m}^{-3}$  (3ª campanha) e os valores de manganês diversificaram de  $36,13$  a  $105,00 \text{ ng m}^{-3}$  (1ª campanha),  $12,97$  a  $61,53 \text{ ng m}^{-3}$  (2ª campanha) e de  $16,42$  a  $58,83 \text{ ng m}^{-3}$  (3ª campanha). **Conclusão:** O monitoramento ambiental torna-se necessário para avaliar melhor a exposição aos metais, uma vez que se trata de uma região com um enorme passivo ambiental e alto potencial de exposição a metais.

**Palavras chave:** Metais, Exposição Ambiental, Indicadores Biológicos, Sangue e Urina.

## ABSTRACT

**Introduction:** Industries such as foundries, electroplating and steel production emit metallic residues which can pollute the environment and the population such as that of Volta Grande IV condominium, located in the city of Volta Redonda, was built in an area adjacent to the deposit of industrial waste from CSN. **Objective:** The aim of the research was to evaluate the health risk of a population that is environmentally exposed to metals supposedly from industrial residues in the Condominium Volta Grande IV (Volta Redonda, RJ). **Materials and Methods:** The study population consisted of 133 adults. ETAAS and ICP-MS were used for the determination of metals in biological and environmental samples. Atmospheric air and house dust were collected in the different campaigns, using specific methodologies. Tap water was also collected. Whole blood was collected for trace analysis, whereas urine was collected in 50 mL containers. **Results:** The means obtained for Mn-B and Mn-U were  $7.28 \pm 2.23$  and  $0.63 \pm 0.56 \mu\text{g L}^{-1}$ , respectively. Related to Cd and Cr in urine, the means were  $0.73 \pm 0.61 \mu\text{g L}^{-1}$  for Cd, and  $0.56 \pm 0.41 \mu\text{g L}^{-1}$  for Cr. The mean obtained for Pb-B was  $1.47 \pm 1.11 \mu\text{g dL}^{-1}$ . Cr-U x gender and Cr-U x occupation. Some current or past morbidities have also been investigated, being statistically significant diseases of skin x Cd-U and urogynecological diseases x Mn-S. Hematological parameters were also investigated and statistically significant differences were found. The results in tap water were: LQ at  $0.07 \mu\text{g L}^{-1}$  (Cd); LQ at  $0.89 \mu\text{g L}^{-1}$  (Cr); LQ at  $8.73 \mu\text{g L}^{-1}$  (Mn); LQ at  $2.21 \mu\text{g L}^{-1}$  (Pb). The concentrations of Cd in domestic, external and internal dust were  $1.36 \mu\text{g m}^{-2}$  and  $2.76 \mu\text{g m}^{-2}$ , respectively. For Cr, the values found were: external dust -  $104.51 \mu\text{g m}^{-2}$  and internal dust -  $148.49 \mu\text{g m}^{-2}$ . In relation to manganese, the levels found for external dust were  $429.25 \mu\text{g m}^{-2}$  and for internal dust was  $198.93 \mu\text{g m}^{-2}$ . For lead the median values were  $33.57 \mu\text{g m}^{-2}$  (external dust) and  $20.61 \mu\text{g m}^{-2}$  (internal dust). The concentration of cadmium in air ranged from 0.25 to  $0.71 \text{ ng m}^{-3}$  (1st campaign), 0.15 to  $1.36 \text{ ng m}^{-3}$  (2nd campaign) and 0.11 to  $0.63 \text{ ng m}^{-3}$  (3rd campaign), chromium levels ranged from 2.96 to  $8.51 \text{ ng m}^{-3}$  (1st campaign), 0.43 to  $3.61 \text{ ng m}^{-3}$  (2nd campaign) and 0.62 to  $2.28 \text{ ng m}^{-3}$  (3rd campaign) and the manganese values varied from 36.13 to  $105.00 \text{ ng m}^{-3}$  (1st campaign), 12.97 to  $61.53 \text{ ng m}^{-3}$  (2nd campaign) and from 16.42 to  $58.83 \text{ ng m}^{-3}$  (3rd campaign). **Conclusion:** Environmental monitoring becomes necessary to better evaluate the exposure to metals, since it is a region with a huge environmental liability and high potential for exposure to metals.

**Keywords:** Metals, Environmental Exposure, Biological Indicators, Blood and Urine.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Breve histórico da contaminação no condomínio.....	19
Figura 2-	Fluxograma simplificado da produção de aço.....	24
Figura 3-	Etapas da Avaliação e Gerenciamento de Riscos.....	67
Figura 4-	Mapa de localização da área de estudo.....	71
Figura 5-	Condomínio Volta Grande IV e depósito de escória.....	72
Figura 6-	Pontos de amostragem de coleta de ar atmosférico no Condomínio Volta Grande IV.....	76
Figura 7-	Placa contendo recomendação de restrição de uso da área.....	82
Figura 8-	Poços de monitoramento de águas subterrâneas da CSN.....	82
Figura 9-	Comparação das concentrações de cádmio, cromo, manganês e chumbo nos tempos 5, 7 e 10 minutos.....	99
Figura 10-	Distribuição de frequência dos ventos para a Estação Ninho das Águias (Resende, RJ), referente a todas as campanhas.....	102
Figura 11-	Distribuição de frequência dos ventos para a Estação Ninho das Águias (Resende, RJ), referente a composição da 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> campanhas.....	103
Figura 12-	Distribuição das concentrações de manganês em sangue (em mgdL <sup>-1</sup> ) e chumbo em sangue (em µgdL <sup>-1</sup> ) nos residentes do Condomínio Volta Grande IV.....	105
Figura 13-	Distribuição das concentrações de cádmio, cromo e manganês em urina (em mgdL <sup>-1</sup> ) nos residentes do Condomínio Volta Grande IV.....	106
Figura 14-	Distribuição das concentrações de cádmio, cromo, manganês e chumbo em água torneira nas residências do Condomínio Volta Grande IV por bloco.....	107
Figura 15-	Distribuição das concentrações de cádmio, cromo, manganês e chumbo em poeira doméstica (em mgm <sup>-2</sup> ) em ambientes internos e externos das residências do Condomínio Volta Grande IV por bloco.....	108
Figura 16-	Distribuição das concentrações de cádmio, cromo e manganês (em ngm <sup>-3</sup> ) em ar atmosférico no Condomínio Volta Grande IV por bloco.....	109

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Títulos de matérias jornalísticas sobre a contaminação no condomínio Volta Grande IV, Volta Redonda.....	20
Tabela 2 -	Composição do culado proveniente da sintetização e da coqueria.....	25
Tabela 3 -	Uso e aplicações industriais do cromo e seus derivados.....	37
Tabela 4 -	Informações básicas sobre características sócio-demográficas e ambientais.....	84
Tabela 5 -	Sumário das concentrações das amostras biológicas da população de estudo total e por gêneros.....	87
Tabela 6 -	Significância estatística das médias e medianas para manganês e chumbo em sangue da população de estudo nos diferentes estratos.....	89
Tabela 7 -	Significância estatística das médias e medianas para cádmio, cromo e manganês em urina da população de estudo nos diferentes estratos.....	91
Tabela 8 -	Sumário de morbidades diagnosticadas ou autopercebidas por metais estudados na população do condomínio Volta Grande IV.....	95
Tabela 9 -	Associação entre parâmetros hematológicos e concentração dos metais na população de estudo.....	96
Tabela 10 -	Determinação de metais em água de torneira das residências do condomínio Volta Grande IV.....	97
Tabela 11 -	Determinação de metais em ar atmosférico no condomínio Volta Grande IV.....	100
Tabela 12 -	Comparação entre os valores máximos possíveis estabelecidos por diferentes organizações governamentais para água.....	124
Tabela 13 -	Comparação entre os valores máximos possíveis estabelecidos por diferentes organizações governamentais para ar.....	127

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
MP	Ministério Público
MPF	Ministério Público Federal
MPRJ	Ministério Público do Rio de Janeiro
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
U.S.EPA	United States Environmental Protection Agency
WMO	Organização Mundial de Meteorologia

## LISTA DE SÍMBOLOS

mg/día	Miligramo por día
mg m <sup>-3</sup>	Miligramo por metro cúbico
µg/día	Microgramo por día
µg g <sup>-1</sup>	Microgramo por gramo
µg kg <sup>-1</sup>	Microgramo por kilogramo
µg m <sup>-2</sup>	Microgramo por metro cuadrado
µg m <sup>-3</sup>	Microgramo por metro cúbico
ng m <sup>-3</sup>	Nanogramo por metro cúbico
µg L <sup>-1</sup>	Microgramo por litro
µg dL <sup>-1</sup>	Microgramo por decilitro
µm	Micrometro

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	<b>CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA</b> .....	18
3.1	HISTÓRICO DA ÁREA.....	18
3.2	PUBLICAÇÕES NA IMPRENSA RELATIVAS À CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NO CONDOMÍNIO VOLTA GRANDE IV.....	20
4	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	22
5	<b>MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA</b> .....	23
6	<b>METAIS NA SIDERURGIA</b> .....	24
7	<b>METAIS</b> .....	26
7.1	CÁDMIO.....	26
7.1.1	<b>Oferta mundial, produção interna e consumo</b> .....	26
7.1.2	<b>Principais usos e aplicações</b> .....	26
7.1.3	<b>Exposição Humana</b> .....	27
7.1.4	<b>Toxicocinética</b> .....	27
7.1.5	<b>Toxicodinâmica</b> .....	30
7.2	CROMO.....	35
7.2.1	<b>Oferta mundial, produção interna e consumo</b> .....	35
7.2.2	<b>Principais usos e aplicações</b> .....	36
7.2.3	<b>Exposição Humana</b> .....	37
7.2.4	<b>Toxicocinética</b> .....	38
7.2.5	<b>Toxicodinâmica</b> .....	41
7.3	MANGANÊS.....	45
7.3.1	<b>Oferta mundial, produção interna e consumo</b> .....	45
7.3.2	<b>Principais usos e aplicações</b> .....	46
7.3.3	<b>Exposição Humana</b> .....	47
7.3.4	<b>Toxicocinética</b> .....	48
7.3.5	<b>Toxicodinâmica</b> .....	52

7.4	CHUMBO.....	57
7.4.1	<b>Oferta mundial, produção interna e consumo.....</b>	<b>57</b>
7.4.2	<b>Principais usos e aplicações.....</b>	<b>58</b>
7.4.3	<b>Exposição Humana.....</b>	<b>58</b>
7.4.4	<b>Toxicocinética.....</b>	<b>58</b>
7.4.5	<b>Toxicodinâmica.....</b>	<b>61</b>
8	<b>AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE.....</b>	<b>66</b>
9	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>71</b>
10	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>81</b>
11	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>110</b>
12	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>129</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>130</b>
	<b>ANEXO A – QUESTIONÁRIO CLÍNICO.....</b>	<b>149</b>
	<b>ANEXO B – QUESTIONÁRIO AMBIENTAL.....</b>	<b>159</b>
	<b>ANEXO C –TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b>	
	<b>- TCLE.....</b>	<b>174</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, principalmente em virtude do crescimento da população mundial e da industrialização, grandes quantidades de poluentes metálicos oriundos da extração e disposição residual inadequada, tornaram-se disponíveis para o meio ambiente afetando a qualidade da água, solo, ar e de alimentos, e com isso, comprometendo a saúde humana (BI et al., 2013; PENA e FERNANDEZ et al., 2014; NORDBERG et al., 2014).

Além disso, nos últimos anos, centenas de substâncias previamente tidas como inertes ou sem efeitos, passaram a ser consideradas carcinogênicas e/ou tóxicas para o ser humano. Da mesma forma, vários novos compostos foram reconhecidos como mutagênicos e /ou carcinogênicos em estudos realizados em animais de laboratório (MEA, 2005 e SCHOOF, 2003). Dessa forma, a contaminação ambiental em áreas urbanas torna-se um problema a ser enfrentado de maneira a promover uma melhor relação entre homem e ambiente (BRÍGIDA; LIMA; RUFINO, 2014).

Os metais existem no ambiente em consequência de fontes naturais e antropogênicas, diferentemente de outras substâncias tóxicas, não são criadas e nem destruídas pelo homem. Ao longo da história, a maioria das contaminações envolvendo esses elementos decorreu de exposições agudas. Atualmente, devido aos padrões ambientais e ocupacionais, são mais comumente encontradas exposições a baixas doses por longos períodos, o que dificulta o estabelecimento da relação causa-efeito, já que, dessa forma, os efeitos da contaminação demoram anos para se manifestarem e geralmente são inespecíficos. Além disso, a onipresença dos metais nas atividades humanas faz com os seres humanos nunca estejam expostos a apenas um único metal, mas sim a uma grande variedade ou mesmo combinações de substâncias químicas (NORDBERG et al., 2007; KLAASSEN, 2008).

As atividades exercidas em áreas de indústrias são, em geral, impactantes para o meio ambiente e a saúde dos seres vivos devido às emissões de diversos produtos químicos, entre eles, metais. Estes resíduos contaminam o ar, o solo e os corpos d'água, além de contaminarem os trabalhadores e a população no seu entorno (MORAES, 2010; ZORLUER, 2020). Esses indivíduos podem ser expostos a metais através da ingestão de água de torneira, inalação de poeira doméstica, ingestão de alimentos (CALLAN et al., 2013).

Segundo a definição proposta pela NBR 16029 (2013) “a Avaliação de Risco é uma etapa do processo de gerenciamento de áreas contaminadas utilizadas para estimar o risco à saúde humana causado pela exposição do homem a uma determinada substância ou grupo de

substâncias presente no meio físico” (ar atmosférico, água de torneira, poeira doméstica) e para estabelecer metas que orientem as medidas de intervenção. O processo de avaliação de risco adotado na NBR 16029 (2013), baseia-se no método da U.S. EPA (1989), que possui como principais etapas: coleta, avaliação e validação de dados, avaliação de exposição, análise de toxicidade e caracterização de risco. Dessa forma, este trabalho buscou realizar uma avaliação de risco preliminar na população residente no Condomínio Volta Grande IV (Volta Redonda, RJ), exposta aos metais cádmio, cromo, manganês e chumbo, utilizando os biomarcadores de exposição e indicadores ambientais.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o risco à saúde de população ambientalmente exposta a metais supostamente oriundos de resíduos industriais no Condomínio Habitacional Volta Grande IV, em Volta Redonda, RJ.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a concentração de cádmio, chumbo, cromo e manganês em sangue e/ou urina na população residente do Condomínio Volta Grande IV;
- Determinar os níveis cádmio, chumbo, cromo e manganês em água de torneira, ar atmosférico e poeira doméstica no Condomínio Volta Grande IV;
- Investigar associações entre os resultados encontrados nos indicadores biológicos (sangue e urina) e ambientais (água de torneira, ar atmosférico e poeira doméstica) com as variáveis como dados gerais (sexo, idade, escolaridade, etc), hábitos de vida (informações sobre tabagismo, etilismo, etc), dados laborais (ocupação atual ou pregressa);
- Verificar possíveis associações entre os metais estudados e as morbidades encontradas nos sujeitos da pesquisa;
- Verificar possíveis associações entre parâmetros hematológicos e metais na população de estudo.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

#### 3.1. HISTÓRICO DA ÁREA

Em 1985, inicia-se o processo de licenciamento ambiental para o depósito de resíduos perigosos. Nesse mesmo período não era necessária a apresentação do EIA/RIMA, uma vez que a Resolução CONAMA, que exigia esses estudos, ainda não se encontrava em vigor (SOUZA, 2016).

Em 1998, o condomínio foi construído pela Caixa Econômica Federal em terreno doado pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) ao Sindicato dos Metalúrgicos. Entretanto, até 1999, a CSN depositou resíduos industriais Classe 1 em duas células localizadas no interior da empresa responsável pelo armazenamento e beneficiamento de escória de aciaria, situada em área adjacente ao terreno. A primeira cava recebeu material do período de 1986 até 1995, enquanto que a segunda cava recebeu os resíduos do período de 1995 a 1999 (RELATÓRIO WATERLOO, 2004).

Durante este período, foram armazenados aproximadamente 6.700 m<sup>3</sup> de resíduos tais como borras de carboquímico, alcatrão e oleosas assim como lama de estação de tratamento de efluentes químicos, solo contaminado com óleo e alcatrão, resíduos laboratoriais e material plástico contaminado com cromo, além dos resíduos de tubulação de gás de coqueria (SOUZA et al, 2016).

No ano 2000, o monitoramento de poços instalados na área detectou a contaminação das águas devido a vazamentos provenientes dos depósitos de resíduos com substâncias como o naftaleno, BTEX, chumbo e cádmio. Diante dessas informações, duas avaliações foram realizadas. Em 2001, uma inspeção dos poços de percolado e suas tubulações mostrou que um deles se encontrava sob 04 casas do condomínio. Nesta ocasião, identificaram-se dois furos neste poço, que foram vedados e selados. As casas foram derrubadas e, no local, foi construída uma quadra de futebol de salão.

Em 2003, por meio de uma demanda popular levantou-se a discussão do caso Volta Grande com a Secretaria Municipal de Saúde. Os moradores do Condomínio mostraram preocupação com o aparecimento de rachaduras e afloramento de líquido com cheiro forte no chão das casas e praças do Condomínio. Além disso, começaram a suspeitar de que alguns agravos à saúde da comunidade poderiam estar relacionados à contaminação da área, inclusive abortos ocorridos com moradoras de outros condomínios no bairro Volta Grande.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas, contratado em 2009 pela CSN, reavaliou a contaminação do solo e água subterrânea, bem como o desempenho técnico dos sistemas

implantados para remediação dos aquíferos da área de disposição dos resíduos perigosos, e recomendou a adoção de algumas medidas, entre elas o monitoramento dos poços desativados e remoção do solo contaminado.

No ano de 2010, uma outra empresa, também contratada pela CSN, realizou a avaliação técnica dos estudos anteriores e indicou a necessidade de complementação dos mesmos, antes da realização de uma análise de risco. No ano seguinte, essa mesma empresa conduziu uma investigação detalhada da área de resíduos industriais e do Condomínio Habitacional Volta Grande IV. Esses resultados mostraram que 15 amostras de solo ultrapassaram os limites de referência, utilizados para comparação em um total de 45 amostras.

Em 2014, o INEA elaborou um documento mencionando as inconsistências da consultora Nickol do Brasil, não sendo válido e aceito. Assim, a companhia poluidora deveria ser autuada (INEA, 2014).

Mais recentemente, o Ministério Público Federal abriu um inquérito sobre a montanha de escória, por considerar uma ameaça ao Rio Paraíba do Sul, rio que abastece 80% da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A Figura 1 apresenta um breve histórico da contaminação no condomínio.

Figura 1: Breve histórico da contaminação no condomínio.



Fonte: SOUZA et al, 2016 (adaptado).

### 3.2. PUBLICAÇÕES NA IMPRENSA RELATIVAS À CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NO CONDOMÍNIO VOLTA GRANDE IV

A contaminação no Condomínio Volta Grande IV teve ampla divulgação através de inúmeras matérias jornalísticas dada a relevância do tema para a saúde pública. Todo o processo pode ser acompanhado por material impresso ou através da mídia digital. Essa cronologia criada pela imprensa é um dispositivo importante para a elaboração de documentação histórica desse passivo e de suas consequências. Sua repercussão ocorreu, principalmente, por conta relatos de moradores no tocante ao aparecimento de doenças e, também, em virtude da apuração de responsabilidades por parte da companhia poluidora. Obviamente, a imparcialidade do discurso da mídia deve existir a fim de se criar um histórico fidedigno ao que de fato vem acontecendo. A tabela 1 cita algumas reportagens relacionadas a contaminação no Condomínio Volta Grande IV.

Tabela 1: Títulos de matérias jornalísticas sobre a contaminação no Condomínio Volta Grande IV, Volta Redonda

<b>Jornais/Matérias</b>	<b>Data</b>
Último Segundo/ MP quer remoção de 750 famílias em área contaminada pela CSN em Volta Redonda	14/09/2012
Último Segundo/ Laudo do Inea aponta contaminação cancerígena em bairro de Volta Redonda	05/04/2013
Petronotícias/ Governo Multa CSN por expor população a metais pesados	08/04/2013
G1/ Terreno doado pela CSN no RJ tem alerta de risco e aluguel a R\$ 900	11/04/2013
G1/ Moradores de terreno doado pela CSN temem ficar sem casa	19/04/2013
Terra/ Volta Redonda: moradores alegam ter sido contaminados por empresa	24/04/2013
G1/ CSN retoma análises no solo de condomínio em Volta Redonda, RJ	30/09/2013
Diário do Vale/Prefeitura cria Comissão para monitorar caso de contaminação no Volta Grande IV	20/02/2016
R7/ Família convivem com exposição à contaminação em Volta Redonda, diz MP	15/03/2017
Diário do Vale/ Justiça cancela reunião da CSN com moradores do Volta Grande IV	08/02/2017
Diário do Vale/ CSN lamenta decisão judicial que adiou reunião com moradores do Volta Grande IV	09/02/2017
MPF/RJ se reúne com moradores do Volta Grande IV e prefeitura de Volta Redonda	10/02/2017
Diário do Vale/ CSN inicia programa de amostragem voluntária no bairro Volta Grande IV	10/02/2017

Diário do Vale/ MPF se reúne com moradores do Volta Grande IV e prefeitura para discutir impasse com a CSN	11/02/2017
Diário do Vale/ CSN fará reunião com moradores do Volta Grande IV, em Volta Redonda	24/03/2017
Diário do Vale/ MPF, MPRJ e Inea questionam alegação de que Volta Grande IV é seguro	29/03/2017
Foco Regional/Estudo conclui: Volta Grande IV é seguro. MPF critica CSN	30/03/2017
Diário do Vale/ TRF autoriza programa de amostragem voluntária para o Volta Grande IV, em Volta Redonda	11/04/2017
A voz da Cidade/ Conselheiros do MEP de Volta Redonda iniciam semana com olhar para o Rio Paraíba do Sul	19/03/2018
O DIA/ Rio Paraíba do Sul está ameaçado de sofrer desastre ambiental. Uma nova Mariana?	18/06/2018
SBT/ Resto de materiais pesados preocupa população em Volta Redonda	29/06/2018

---

#### 4. JUSTIFICATIVA

O Condomínio Volta Grande IV possui cerca de 800 imóveis na área, totalizando em torno de 2000 moradores. Baseado em estudos apresentados pela companhia siderúrgica local e dados obtidos em vistoria, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) considerou alta probabilidade das áreas internas às residências, possuírem substâncias químicas tóxicas e carcinogênicas no solo superficial e profundo, com concentrações acima do valor de investigação para uso agrícola e das concentrações máximas aceitáveis. Exigindo, assim, a avaliação das condições de saúde da população do Condomínio Volta Grande IV.

Após visita ao local e conversa informal com a população, foi constatado que, atualmente, as quadras entre os condomínios de Volta Grande são separadas por muros com aproximadamente 4-5 m de altura, as praças para recreação infantil são calçadas e, na entrada de cada condomínio, placas de advertência sobre o perigo de uso do solo e água de poços foram instaladas. Entretanto, no final das quadras, após os muros, existe um terreno ao longo de todos os condomínios onde a CSN continua depositando os resíduos de escória. Como não tem proteção alguma, esse enorme passivo ambiental fica suscetível às mudanças climáticas e, conseqüentemente, disponível para contaminação do ar, solo e águas subterrâneas. Apesar dos avisos, é possível ver inúmeras árvores frutíferas dentro dos quintais, embora os moradores relatem que as frutas não são consumidas.

Para o setor da saúde, este contexto representa um desafio enorme, que o obriga a avaliar, de forma permanente, a situação de deterioração ambiental e sua repercussão sobre a qualidade de vida da comunidade. O tema ambiente, embora tão inespecífico e complexo, ainda longe de ser entendido pela maioria das pessoas, começa a adquirir uma dimensão mais próxima e apropriada, ao associar a qualidade de vida humana com as condições ambientais. Esta situação leva a uma demanda por esforços para a construção de uma institucionalidade ambiental, capaz de assumir as demandas ambientais locais.

Diante desses conhecimentos, tornou-se clara a necessidade de realizar um estudo sobre a exposição da população humana aos metais possivelmente oriundos da contaminação dos resíduos de escória de aciaria da CSN, e verificar quais os possíveis efeitos para saúde decorrentes destas exposições. Para essa tese foram determinadas as concentrações de cádmio, cromo, manganês e chumbo, uma vez que esses metais encontram-se presentes na composição de aço inoxidável (aciaria).



## 5. MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA

O município de Volta Redonda está situado na Região do Médio Vale do Rio Paraíba entre as coordenadas geográficas 22°23' a 22°40' de latitude Sul e 44° a 44°12' de longitude Oeste. O município localiza-se às margens do Rio Paraíba do Sul, no eixo entre Rio de Janeiro e São Paulo, abrangendo uma superfície de 181 km<sup>2</sup> (DIAS; GOMES; GOES, 2004).

Volta Redonda e Barra Mansa possuem um histórico parecido, visto que Volta Redonda era sede distrital do município de Barra Mansa. Devido a sua posição geográfica, o local deixou de ser ponto de pousada e passou a desenvolver as funções comerciais. No início do século XXI, o café passou a ser o principal produto produzido. Em 1832, o município de Volta Redonda foi criado. Em virtude da exaustão dos solos e a abolição da escravatura, a cafeicultura declinou dando lugar a pecuária de corte e, posteriormente, a produção leiteira (TCE-RJ, 2014).

No final da década de 30, iniciou-se o desenvolvimento industrial do município, dando destaque às indústrias alimentícias. A instalação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em Volta Redonda (na época ainda distrito de Barra Mansa), em 1941, pelo Presidente da República Getúlio Vargas e foi considerada um marco no processo de industrialização no Brasil (CARVALHO; TRINTA; BACELLAR, 2009).

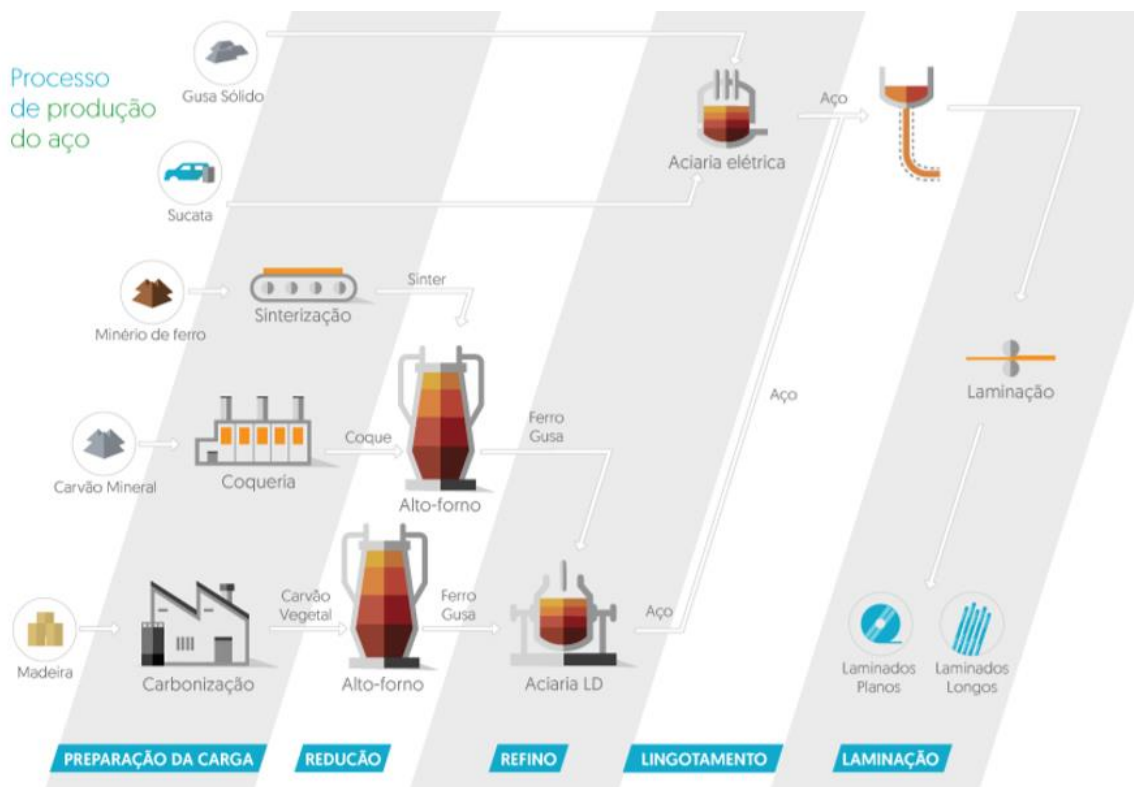
O município de Volta Redonda foi criado em 1954 e desenvolveu-se a partir da implantação da usina e da cidade industrial à margem direita do Rio Paraíba do Sul. Ainda hoje, Volta Redonda e Barra Mansa representam importante pólo siderúrgico e metalúrgico no país (TCE-RJ, 2014).

Após o ano de 1993, a CSN foi privatizada e se tornou uma empresa de capital aberto. Nos anos seguintes, a empresa diversificou sua atuação. Todavia, a siderurgia ainda corresponde a cerca de 30% do PIB local, o que lhe confere importância econômica na região (CARVALHO; TRINTA; BACELLAR, 2009).

## 6. METAIS NA SIDERURGIA

O material particulado contendo metais é emitido a atmosfera em diferentes etapas, desde o processamento do minério de ferro até a produção do aço líquido (OLIVEIRA, 2014). Tal processo gera como subproduto, a escória de aciaria, que é o resultado da agregação de diversos elementos que não devem estar presentes no produto final (aço) (MAGALHÃES; AMARAL SOBRINHO; MAZUR, 2011). Em 2013, a cada tonelada de aço produzido gerou, em torno, de 594 quilos de coprodutos e resíduos, atingindo um total de 17,7 milhões de toneladas, destes 88% foram reaproveitados, 6% estocados e 6% destinados para a disposição final (OLIVEIRA et al., 2018). A Figura 2 apresenta o fluxograma simplificado de produção de aço.

Figura 2: Fluxograma simplificado da produção de aço.



Fonte: INSTITUTO AÇO BRASIL (2018).

Durante as operações de refino dos aços inoxidáveis, ocorre a perda do Cr do metal para a escória, por oxidação. Tecnologias vem sendo desenvolvidas para melhorar o controle operacional e rendimento desse metal, uma vez que o cromo é um insumo, relativamente, caro para a aciaria (HECK; VILELA; SILVA, 2007).

O manganês é o elemento mais prevalente na liga do aço, depois do carbono. Está presente na forma de liga (90%) ou como constituinte residual. O manganês encontra-se presente em vários processos de aciaria e a sua importância se deve à combinação de relativo baixo preço com os seus excelentes benefícios técnicos (BARÃO; SILVA; DUARTE, 2007).

As atividades de fabricação de gusa e ferro-ligas geram grandes quantidades de subprodutos, como o cádmio e chumbo, geralmente encontrados na lama (RONDA FILHO, 2016). A tabela 2 apresenta a relação dos metais (Cd, Cr, Mn e Pb) emitidos pelas plantas de sinterização e de coqueria oriundos da produção de uma tonelada de coque e de sinter (OLIVEIRA, 2014).

Tabela 2: Composição do culado proveniente da sinterização e da coqueria

COMPOSIÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO		
METAIS	Coqueria (g/ton coque)	Sintetização (g/ton sinter)
Cd	0,00159	0,02850
Cr	-	0,00503
Mn	0,00171	0,01045
Pb	0,00526	0,49366

Fonte: OLIVEIRA, 2014 (adaptado).

## 7. METAIS

### 7.1. CÁDMIO (Cd)

#### 7.1.1. Oferta Mundial, Produção interna e Consumo

O cádmio é um elemento raro e não ocorre na natureza na forma pura, a sua concentração na crosta terrestre é de, aproximadamente,  $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ . O cádmio encontra-se usualmente associado a minerais de zinco, como a esfarelita (ZnS) numa proporção que varia de 0,1 a 0,5%, associados a minérios de galena e, também, associado a sulfeto (CdS) formando a grinoquita (principal mineral de cádmio) (FERNANDES e MAINIER, 2014).

Os principais produtores mundiais de cádmio primário são: China, Coreia, Japão, Canadá e Cazaquistão. Uma quantidade menor de cádmio secundário foi obtida através da reciclagem de baterias de níquel-cádmio (NiCd). Duas empresas nos Estados Unidos produziram cádmio refinado em 2017, uma situada no Tennessee, recuperou o cádmio refinado primário como um subproduto da lixiviação de zinco de concentrados de sulfeto torrado. A outra empresa, com sede em Ohio, recuperou o cádmio secundário das baterias de níquel-cádmio usadas (USGS, 2018). A participação brasileira na produção mundial de cádmio é muito baixa, sendo praticamente inexpressiva frente aos grandes produtores. O estado de Minas Gerais concentra grande parte das reservas de cádmio (DNPM, 2016).

O cádmio é consumido principalmente na China, Bélgica e Japão. O percental de cádmio utilizado em baterias vem aumentando, enquanto as demais utilizações vem diminuindo devido às preocupações ambientais. Outras utilizações finais dos compostos de cádmio incluem ligas, revestimentos anticorrosivos, pigmentos, estabilizadores de cloreto de polivinilo (PVC) e semicondutores para células solares (USGS, 2018).

#### 7.1.2. Principais usos e aplicações

O cádmio foi descoberto em 1817 e rapidamente passou a ser um metal importantíssimo a nível industrial (ROCHA, 2009).

Atualmente, os principais usos do cádmio são a fabricação de baterias de níquel-cádmio (83% do uso total de cádmio), pigmentos para plásticos, tintas, esmaltes vítreos, cerâmicas e vidros, como estabilizante para cloreto de polivinila (PVC) e o recobrimento de aço e ferro. Os sais de cádmio têm sido usados em pequena escala como fungicida para campos de golfe e

gramados domésticos. O cloreto de cádmio é utilizado em fotografia, fotocópia, tingimento, pigmentos, galvanoplastia, lubrificantes, e na fabricação de espelhos especiais. Os corantes à base de cádmio são usados principalmente em cerâmicas, vidros e esmaltes. O sulfeto de cádmio (amarelo) e o seleneto de cádmio (vermelho) são utilizados em toners. Pode, ainda, ser encontrado em parafusos, porcas, fechaduras e partes de aviões, motores de veículos, equipamentos, máquinas, como constituinte de ligas fundíveis metálicas, produção de fotocélulas e células solares, cimento, fungicidas, entre outros (ATSDR, 2012).

### **7.1.3. Exposição Humana**

A atividade vulcânica é a principal fonte natural de emissão de cádmio para a atmosfera. Outras possíveis fontes naturais são as rochas sedimentares, os fosfatos marinhos e os incêndios florestais (ATSDR, 2012).

As principais fontes de origem antropogênica são a mineração e a produção de ligas que contenham o metal, destacando-se aqui as baterias de níquel-cádmio, além dos rejeitos industriais. Assim, todas as atividades que envolvem o processamento e o consumo de materiais em que o cádmio é um constituinte tais como metais não-ferrosos, ligas de zinco, chumbo e cobre, indústrias de ferro e aço, queima de combustíveis fósseis, cimento e fertilizantes fosfatados, são fontes de emissão de cádmio (WANG e DU, 2013). Outra fonte importante de exposição ao Cd é o tabagismo (HADDAM et al., 2011; WANG e DU, 2013; ÅKESSON et al., 2014).

### **7.1.4. Toxicocinética**

- Absorção

A principal rota de absorção de cádmio em populações expostas ambientalmente é pela via digestiva, de grande importância devido à possibilidade de bioacumulação do metal nos diversos níveis tróficos. Através dessa rota, a absorção do metal se dá de forma lenta, variando em torno de 3 a 10% do total ingerido (ATSDR, 2012). No entanto, existem fatores que podem alterar essa absorção, dentre eles a influência direta exercida pelo tipo de dieta adotada, ou seja, da concentração de cádmio nos alimentos ingeridos e também das condições nutricionais do sujeito exposto, nas quais se cita a relevância de alguns minerais que podem participar como elementos antagonistas na absorção do cádmio. Assim, é possível dizer que a absorção do cádmio pode ser reduzida na existência de um estado nutricional adequado, quando minerais

como o zinco (Zn), ferro (Fe) ou cálcio (Ca) encontram-se em níveis apropriados no organismo (ATSDR, 2012; CHOONG et al., 2014; RENTSCHLER et al., 2014; VIDAL et al., 2015; ZENG et al., 2018).

A absorção pode ser influenciada pela interação metal-metal (ferro, cálcio, cromo, magnésio e zinco), bem como pelas ligações entre o metal e proteínas (metalotioneína, glutatona e enzimas com radical sulfidríla) presentes nos alimentos e no organismo. Assim, é possível dizer que a absorção do cádmio aumenta em situações de deficiências nutricionais de cálcio e ferro e, também, com o aumento de gorduras na dieta (ATSDR, 2012).

Esses fatores fazem com que determinados subgrupos populacionais possam ter a absorção do cádmio aumentada. Dentre os possíveis grupos, destacam-se os vegetarianos, pela grande ingestão de grãos e vegetais e, também, sujeitos que têm por hábito ingerir grandes quantidades de frutos do mar (JÄRUP e ÅKESSON, 2009).

Em comparação aos homens, as mulheres possuem uma taxa de absorção intestinal do cádmio aumentada. Isso ocorre devido a um menor estoque de ferro no organismo feminino, o que irá, por meio de mecanismos específicos, permitir maiores concentrações de cádmio no organismo e, conseqüentemente, nas matrizes biológicas como o sangue, urina e córtex renal (JÄRUP e ÅKESSON, 2009).

Cerca de 25 a 60% da absorção do cádmio ocorre por via respiratória, porém, tal taxa depende do tamanho e solubilidade da partícula e da espécie química em que se encontra o metal. As formas químicas de sais de cádmio e o cádmio metálico são as mais encontradas como material particulado fino em suspensão. Partículas maiores do que 10 $\mu$ m se depositam no trato aéreo superior, enquanto que as menores do que 0,1 $\mu$ m seguem até os alvéolos pulmonares. Já os compostos solúveis de cádmio tendem a se depositar na região brônquica (ATSDR, 2012).

Além da rota digestiva e respiratória, outra possível rota é a cutânea, porém, esta não apresenta expressão significativa quando se trata do cádmio, pois o metal, geralmente, não penetra através da pele. Embora a absorção pela via dérmica seja lenta, pode tornar-se relevante se houver contato do sistema cutâneo com soluções concentradas de cádmio e quando o tempo deste contato for prolongado, ou quando houver algum tipo de ferimento (ATSDR, 2012).

- Distribuição

Após a absorção, em torno de 90% do cádmio é encontrado no sangue, onde permanece nos eritrócitos, em meio intracelular ou ligado à membrana eritrocitária. Essas células

sanguíneas são responsáveis pela ampla distribuição do metal pelo organismo, principalmente para o fígado e os rins (PHILIP e CHANEY, 2008).

O cádmio induz a produção de uma proteína de baixo peso molecular chamada metalotioneína. Esta proteína, sintetizada principalmente no fígado, é capaz de se ligar a até sete átomos de cádmio por molécula, situação que faz com que cerca de 80 a 90% do metal presente no organismo esteja a ela ligado. O cobre (Cu) e o zinco (Zn) podem competir com o cádmio nessa interação metal-proteína. Uma vez ligada ao cádmio, a metalotioneína não permite a este metal exercer sua toxicidade. O estímulo para a produção da metalotioneína é dado pelo transporte do cádmio no plasma e pela degradação hepática do complexo albumina-cádmio (RENTSCHLER et al., 2014; VIDAL et al., 2015; ZENG et al., 2018).

- Metabolismo

No caso de exposição ao cádmio, inicialmente é o fígado que apresenta níveis elevados do metal devido ao grande volume de sangue que circula por esse órgão. Posteriormente, por ser um dos locais de produção da metalotioneína e por sua ligação ao cádmio, começa a haver redução dos níveis hepáticos do metal e elevação do nível renal, fato que pode ser explicado pela redistribuição do cádmio do fígado para o rim através da ligação desse metal com a metalotioneína e seu transporte até esse órgão (GONÇALVES et al., 2010, NORDBERG et al., 2014).

A parte restante do cádmio absorvido circula no organismo ligado a albumina (proteína plasmática). A albumina tem um tamanho molecular de cerca de 65 kDa, que está acima do limiar na barreira da membrana basal glomerular. Assim, a albumina elevada na urina indica dano da integridade da barreira (ÅKESSON et al., 2014). Assim, a carga corpórea do cádmio no organismo será o resultado da soma do metal já acumulado, distribuído e ligado à metalotioneína, e da concentração do metal resultante de exposições recentes (ATSDR, 2012). A placenta também possui capacidade de síntese de metalotioneína e, assim, serve como barreira parcial para proteção do feto em casos de exposição da gestante ao metal. O nível de cádmio no leite materno é de, aproximadamente, 5 a 10% do nível existente no sangue da lactante, provavelmente também, devido à ligação do metal com a metalotioneína (GONÇALVES et al., 2010, NORDBERG et al., 2014).

Estudos recentes indicam que o tratamento com selênio (Se) ou zinco protege o tecido renal contra a ação do cádmio. Porém, o efeito secundário proveniente do uso desses dois

elementos traço ainda não está bem estabelecido, mas, acredita-se que seja potencial produtor de estresse oxidativo (AFRIDI et al., 2014).

O armazenamento do metal ocorre, principalmente, no fígado, rins, músculo, ossos e pele. A meia-vida do cádmio é muito longa, de 04 a 38 anos, sendo esta de 6 a 38 anos nos rins e de 4 a 19 anos no fígado (ATSDR, 2012; ÅKESSON et al., 2014).

- **Eliminação e excreção**

O cádmio é excretado muito lentamente pelas vias urinária e a intestinal. A maioria do cádmio que é ingerido ou inalado é transportado para o intestino através da depuração mucociliar, sendo excretado pelas fezes. Estima-se que o tempo de meia vida do cádmio no rim seja de 6 a 38 anos e no fígado de 4 a 19 anos. A excreção urinária do cádmio aumenta de acordo com a idade (ATSDR, 2012, NORDBERG et al., 2014).

### **7.1.5. Toxicodinâmica**

- **Sistema Nervoso**

No sistema nervoso, mais uma vez o metal se relaciona ao metabolismo do cálcio, podendo ocorrer alteração na ação de neurotransmissores que inibem a entrada de cálcio nos neurônios, tendo como possível consequência a redução da atividade motora e alterações neurocomportamentais (DE BURBURE et al., 2006). Segundo Burbure et al (2006), estudos experimentais sugerem que o cádmio podem interferir no sistema nervoso e que também pode influenciar o sistema dopaminérgico de diferentes maneiras.

Um estudo transversal realizado com 261 crianças com idades entre 6 e 9 anos na região no sudoeste da Espanha avaliou a associação entre a exposição ao cádmio e o desenvolvimento neuropsicológico em crianças residentes em uma região com alta atividade industrial e mineradora. A exposição ao cádmio foi medida na urina e cabelo de crianças e o desenvolvimento neuropsicológico foi avaliado através da Escala de Inteligência de Wechsler e com três testes computadorizados do Sistema de Avaliação e Pesquisa Comportamental (BARS). A associação entre níveis de cádmio e compreensão verbal foi estatisticamente significativa. A associação do cádmio com raciocínio perceptivo foi próxima ao nível de significância. Entre as meninas, apenas a compreensão verbal mostrou associações significativas com a exposição ao cádmio. A exposição ao cádmio, também, está associada a atrasos cognitivos em meninos. Esse estudo forneceu evidências adicionais do efeito



neurotóxico da exposição pós-natal a cádmio em crianças e apoiou a hipótese de diferenças entre os sexos no efeito neurotóxico de cádmio em crianças (RODRÍGUEZ-BARRACO et al., 2014).

- Sistema Respiratório

O órgão alvo no qual o cádmio exerce sua toxicidade depende do tipo de exposição. A inalação pode levar a uma doença obstrutiva respiratória crônica (ATSDR, 2012).

O sistema respiratório geralmente é atingido pela exposição de origem ocupacional. O cádmio pode afetar as vias aéreas superiores pela caracterização de uma reação inflamatória crônica na cavidade nasal, na faringe e na laringe. Nas vias aéreas inferiores, o dano ocorre através do desenvolvimento de patologias pulmonares obstrutivas crônicas que pode se estabelecer com diferentes graus de intensidade, e até mesmo causar câncer de pulmão (NORDBERG et al., 2014).

- Sistema Renal

A avaliação do risco para a saúde, tanto para a exposição ocupacional como para a exposição através da ingestão de alimentos a longo prazo pode gerar efeitos renais, sendo a proteinúria tubular considerada o efeito crítico nos seres humanos. Na exposição crônica ao cádmio, de modo geral, o órgão mais atingido é o rim. A toxicidade se expressa no rim sob a forma de dano celular, prejudicando a função reabsortiva tubular renal (ATSDR, 2012; ÅKESSON et al., 2014). As manifestações iniciais dessa lesão é o aumento na excreção urinária de proteínas de baixo peso molecular, como a  $\beta$ 2-microglobulina e  $\alpha$ 1-microglobulina e proteína de ligação ao retinol, também chamada proteinúria HC, além do aumento na excreção urinária dos marcadores como a enzima lisossomal N-acetil glucosaminidase (NAG). A disfunção renal pode progredir mesmo após o fim da exposição ao cádmio (MESSAOUDI et al., 2009; THOMAS et al., 2009).

Foi encontrada associação entre baixo nível de exposição ao Cd e função glomerular (ÅKESSON et al., 2014). Dois estudos citados por Åkesson e colaboradores (2014) tiveram resultados contraditórios. O primeiro, um estudo ecológico sueco, encontrou um risco aumentado de doença renal terminal em indivíduos ocupacionalmente e/ou ambientalmente expostos que residiam em áreas próximas a fábricas de baterias. O segundo, um estudo ecológico, realizado no Japão não mostrou associação entre a mortalidade associada à insuficiência renal e as concentrações de Cd no arroz integral local.

Os mecanismos de efeitos ósseos considerados secundários aos danos renais incluem a reabsorção deficiente de cálcio nos túbulos renais e comprometimento da ativação da vitamina D no córtex renal (ÅKESSON et al., 2014). Outro estudo, realizado com adultos nos EUA, verificou que o zinco e o zinco sérico possuíam uma associação negativa com a exposição a cádmio no sangue (WU et al., 2017).

- Sistema Esquelético

O primeiro relato de uma doença óssea associada a exposição crônica ao cádmio se deu na região da bacia do rio Jinzu, no Japão, após contaminação local dos arrozais através de efluentes de uma fundição de zinco e chumbo (NORDBERG et al., 2014).

A patologia, chamada de Doença de Itai-Itai (“ai-ai”), caracterizada por fraturas múltiplas e distorção dos ossos longos, provocando dores significativas nos sujeitos afetados. Distúrbios no metabolismo do cálcio, osteoporose e osteomalécia, principalmente entre as mulheres pós-menopausa, são efeitos causados por exposição em longo prazo, ocorrida através da alimentação, juntamente com as outras vias de entrada do metal no organismo (NORDBERG et al., 2014; ÅKESSON et al., 2014). Uma pesquisa realizada, com mulheres, verificou que o percentual de risco aumentou em 32% para osteoporose e 31% para aumento de risco a qualquer fratura incidente quando foram comparadas alta exposição ao cádmio na dieta ( $\geq 13$  mg / dia, mediana) e baixas exposições ( $<13$   $\mu\text{g}$  / dia). Conclui-se, nesse estudo que mesmo em exposição a baixas concentrações de cádmio (nos alimentos) ocorreu associação à baixa densidade mineral óssea e a um risco aumentado de osteoporose e fraturas (ENGSTRÖM et al., 2012). Outro estudo realizado nos EUA (n=4258) também mencionou que valores abaixo de 0,5  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina aumentam o risco de osteoporose (GALLAGHER et al., 2008).

- Sistema Reprodutor

ZHAO et al (2017) investigaram os efeitos da exposição ao cádmio nos parâmetros de qualidade espermática, capacidade de fertilização e desenvolvimento embrionário precoce. Esse estudo mostrou que a incubação in vitro de espermatozoides com cádmio por um longo período (até 24 horas) poderia diminuir significativamente a motilidade dos mesmos de maneira dependente da concentração e do tempo. A exposição ao cádmio no ambiente por um curto período (30 min) não afetou a motilidade dos espermatozoides. No entanto, reduziu significativamente a taxa de fertilização in vitro. Observaram-se, ainda, que, em concentrações

de 0,625  $\mu\text{g ml}^{-1}$  e 1,25  $\mu\text{g ml}^{-1}$ , o desenvolvimento embrionário inicial *in vitro* dos blastocistos diminuiu drasticamente com o aumento da concentração de cádmio.

- Sistema Cardiovascular

Além de dano renal significativo e de atingir os ossos, estudos indicam que o cádmio também pode provocar outros efeitos no corpo humano. Dentre os possíveis sistemas biológicos corporais afetados, está o sistema cardiovascular. Existem fortes indícios de associação entre a exposição ao cádmio e o desenvolvimento de doença coronariana e arterial periférica; cita-se também a possibilidade de alteração dos níveis arteriais com elevação da pressão arterial, e ocorrência de infarto agudo do miocárdio (EUM et al., 2008; EVERETT e FRITHSEN, 2008; TELLEZ-PLAZA et al., 2008). A metalotioneína tem demonstrado ter efeito cardioprotetor para substâncias tóxicas ambientais, incluindo o cádmio (YU et al., 2018).

AFRIDI et al (2014) avaliaram a associação entre cádmio e outros metais em amostras biológicas (cabelo, sangue e urina) de 257 pacientes hipertensos residentes em Hyderabad, Paquistão. Os resultados deste estudo mostraram que os valores médios de Cd foram significativamente maiores em amostras de cabelo, sangue e urina de pacientes hipertensos do que no grupo controle ( $P < 0,001$ ), enquanto as concentrações de Zn e Se foram menores no cabelo e sangue. Os níveis de Cd também foram maiores nas amostras de urina de pacientes hipertensos. A deficiência de Zn e Se e a alta exposição de metais tóxicos podem ser sinérgicas com fatores de risco associados à hipertensão.

- Sistema Hematológico

A redução da absorção de ferro pelo organismo, pode gerar anemia. Além disso, estudos experimentais demonstram que, em nível vascular, o metal pode provocar aumento da formação de radicais livres e apoptose das células endoteliais (NORDBERG et al., 2014).

- Sistema Endócrino

Segundo Wu e colaboradores (2017), vários estudos de base populacional encontram associação entre o Cd e o diabetes mellitus (DM). Os autores identificaram pesquisas (metanálise) que relacionavam cádmio em amostras biológicas (sangue e urina) e risco de

diabetes mellitus. A análise mostrou que a alta exposição ao cádmio tanto em sangue quanto em urina não está correlacionada com o risco de DM na população em geral.

Indivíduos diabéticos (tipo 2) paquistaneses (n=238) apresentaram níveis mais elevados de cádmio no cabelo, sangue e urina do que os controles. O cádmio no sangue (urinário) médio foi de 4,2 (3,2)  $\mu\text{g L}^{-1}$  entre os não-fumantes e 5,7 (4,6)  $\mu\text{g L}^{-1}$  entre os não fumantes (AFRIDI et al., 2008). Um outro estudo envolvendo 140 casos de diabetes mellitus gestacional e outros membros de subcoortes sugerem haver associação entre a carga corporal de risco de cádmio e diabetes mellitus gestacional (ROMANO et al., 2015).

Todas as mulheres de 64 anos de idade residentes em Gotemburgo, na Suécia, foram convidadas a participar de uma triagem e testes orais de tolerância à glicose. A hipótese do estudo foi verificar se as mulheres com diabetes mellitus tipo 2 ou com intolerância à glicose teria maior risco de dano renal por cádmio em comparação com mulheres com tolerância normal. Conclui-se que mulheres com diabetes mellitus tipo 2, apresentam maior risco de dano glomerular renal pela exposição ao cádmio em comparação com mulheres sem a doença (BARREGARD et al., 2014).

- Sistema Imunológico

Um estudo investigou cádmio (Cd) e outros metais em amostras de cabelo, de 133 homens (trabalhadores de uma fábrica de trióxido de antimônio, duas fábricas de vidro e duas fábricas de plásticos) e verificou possíveis associações com indicadores imunológicos, incluindo leucócitos, contagem de linfócitos e monócitos e níveis de imunoglobulina (Ig). A concentração média de Cd [0,16 (DP = 0,03)  $\mu\text{g g}^{-1}$ ] foi a menor encontrada dentre os metais estudados, não exercendo relação com funções imunológicas nesse estudo (WU et al., 2018).

- Carcinogenicidade

A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classifica o cádmio e seus compostos como cancerígenos para o ser humano (Grupo 1), baseando-se em diversos estudos que associavam a exposição por via inalatória a cádmio e seus compostos e câncer de pulmão em indivíduos ocupacionalmente expostos.

Estudos de exposição ao cádmio encontraram associações positivas para diferentes tipos de câncer na população geral, mesmo em baixas concentrações. A associação está presente tanto em fumantes como em não fumantes. Além do câncer de pulmão, os cânceres dependentes de

estrogênio são de particular importância em exposição envolvendo cádmio (SATARUG et al., 2010; ÅKESSON et al., 2014).

- Diretrizes e Recomendações

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) definiram a ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) de cádmio (por quilograma de peso corporal) e incluíram um fator de segurança, pois a margem entre o nível de exposição em uma dieta normal e um nível previsto para produzir um efeito potencial sobre o rim era muito pequena. Mesmo após a inserção do fator de segurança, o PTWI para o cádmio permaneceu em  $7 \mu\text{g} / \text{kg}$  de peso corporal, o que corresponde a  $70 \mu\text{g} / \text{dia}$  (para uma pessoa que possui 70 kg). No entanto, um estudo tomando como base o modelo PTWI, sugeriu que o nível de consumo seguro para um adulto deveria ser  $<30 \mu\text{g} / \text{dia}$ . Esse mesmo estudo indicou um acúmulo de cádmio no córtex renal com o aumento da idade (SATARUG et al., 2010).

As Resoluções Brasileiras e Portarias que estabelecem valores máximos permitidos de cádmio em amostras ambientais são: CONAMA nº 460/2013 (solo e subsolo: valor de prevenção =  $1,3 \text{ Kg}^{-1}$ ), PORTARIA 2914/2011 (atual Portaria de Consolidação N°5 de 28 de setembro de 2017 = água potável: padrão de potabilidade =  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ ), CONAMA 396/2008 (água subterrânea =  $5 \mu\text{g L}^{-1}$ ), CONAMA 430/2011 (águas doces - classes 1 e 2 =  $0,001 \text{ mg L}^{-1}$ , águas salinas - classe 1 =  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ , águas salobras - classe 1 =  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ ).

## 7.2. CROMO (Cr)

### 7.2.1. Oferta Mundial, Produção interna e Consumo

As reservas mundiais de minério de cromo encontram-se, principalmente, no Cazaquistão, África do Sul, Índia e Turquia. No entanto, cerca de 95% desses recursos minerais estão concentrados no Cazaquistão e na África do Sul (USGS, 2018).

A produção mundial de cromita, em 2014, foi de 29 de milhões de toneladas, superando em 11,54% o ano de 2013, destacando-se como maiores produtores a África do Sul (51,7%), Cazaquistão (13,8%), e Índia (10,3%) (DNPM, 2015).

A produção brasileira embora pequena, possui grande representatividade no que se refere ao continente americano. A Bahia é responsável por cerca de 69% da produção de cromita do país, sendo administrada por dois grandes grupos empresariais: a Magnesita S.A. e

a Companhia de Ferro Ligas da Bahia (Ferbasa), maior produtora brasileira do insumo e única fabricante das Américas. Suas principais minas estão localizadas nos municípios de Andorinhas e Campo Formoso, BA. No entanto, o Estado do Amapá, também produtor, participou com cerca de 31% da produção do país (DNPM, 2015).

O consumo interno da cromita está diretamente ligado ao consumo de aço inoxidável que responde pela quase totalidade de sua aplicação. Em relação a 2012, houve um aumento no consumo aparente de cromita da ordem de 10,39%. Em 2013, foram importadas 68 mil toneladas (DNPM, 2015).

Em 2013, o seu consumo aumentou cerca de 42%. Em relação aos produtos químicos de cromo, houve uma queda nas exportações (0,93%), mesmo não havendo produção nacional desses produtos. Em 2014, foram importadas 68 mil toneladas de cromita (USGS, 2018).

### **7.2.2. Principais usos e aplicações**

O cromo foi isolado, pela primeira vez, em 1797 pelo químico francês, Louis Nicolas Vauquelin, através de ensaios com o mineral crocoita ( $PbCrO_4$ ). Cromo deriva da palavra grega *chroma*, que significa aquilo que apresenta cor. Provavelmente essa denominação foi em virtude das colorações das soluções do metal, que podem apresentar-se na cor verde, azul, amarelo, laranja, dependendo de seu estado de oxidação. Essa distinção de cores é similar ao de algumas pedras preciosas, como a esmeralda, o rubi, a safira, que devem suas exuberâncias à presença deste metal em suas composições (COSTA et al., 2010).

Os principais produtos do cromo (sais, óxidos, ligas) são obtidos a partir do minério cromita. O cromo hexavalente ( $Cr^{+6}$ ) é subproduto em vários processos industriais (COSTA et al., 2010), usado na galvanoplastia, como oxidante e na fabricação de produtos químicos utilizados em curtumes, como pigmentos, preservativos para madeira (cromato de sódio), catálises e sínteses orgânicas (KEEGAN et al., 2008; ATSDR, 2012).

O cromo é amplamente utilizado na metalurgia, na fabricação de aço inoxidável, em corantes para tintas e vidros, na fabricação de fitas magnéticas, em curtimento dos couros, síntese orgânica, ensaios catalíticos e em ligas metálicas (SUSSULINI et al., 2006; KEEGAN et al., 2008; COSTA et al., 2010; ATSDR, 2012). A tabela 3 apresenta outros diferentes usos industriais do cromo.

Atualmente, tem sido utilizado como suplemento alimentar no meio esportivo com a finalidade de reduzir a gordura corporal e propiciar o ganho de massa (GOMES et al., 2005).

Tabela 3: Uso e aplicações industriais do cromo e seus derivados

Nome do composto e fórmula	Valência do cromo	Solubilidade em água	Forma como se encontra no ambiente de trabalho	Uso industrial Processos produtivos
ligas ferrosas ferrocromo	zero, III e IV	insolúvel	sólida, fumos metálicos (Cr III e IV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aço inoxidável</li> <li>• construção civil</li> </ul>
ligas não ferrosas Cr/Al	zero	insolúvel	sólida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• construção civil</li> </ul>
eletrodos Cr e outros materiais	zero	insolúvel	fumos metálicos – óxidos de Cr III e IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• soldagem</li> </ul>
anidrido crômico ou "ácido crômico" CrO <sub>2</sub>	VI	67,5g/100 ml a 100°C	solução sulfúrica e névoas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• banhos galvânicos</li> <li>• inibidor de corrosão</li> </ul>
óxido crômico Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	III	insolúvel	sólida - em pó	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pigmentos</li> <li>• cerâmica refratária</li> <li>• borracha</li> </ul>
dióxido de cromo CrO <sub>2</sub>	IV	insolúvel	sólida - pó	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fitas magnéticas</li> </ul>
cromato de chumbo - PbCrO <sub>4</sub>	VI	insolúvel	sólida - pó	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pigmentos</li> </ul>
cromato de zinco ZnCrO <sub>4</sub>	VI	pouco solúvel	sólida - pó	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tinta antioxidante</li> </ul>
dicromato de potássio K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	VI	solúvel	sólida - pó	<ul style="list-style-type: none"> <li>• preparação de outros compostos de cromo</li> </ul>
sulfato de cromo Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> em solução básica	III	muito pouco solúvel	sólida - precipitado e complexos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• curtume</li> </ul>

Fonte: Silva (2010).

### 7.2.3. Exposição Humana

Os compostos de cromo não são voláteis, o transporte do metal da água para atmosfera só ocorre por meio de aerossóis das águas marinhas. A emissão de cromo também pode ocorrer a partir da queima de carvão e óleo, produção de aço, entre outros, fazendo com que ocorra um aumento nos níveis de cromo no ar. Outra forma de exposição a cromo é por meio de contato com os dejetos das indústrias de couro que, muitas vezes, são ricos em cromo. A contaminação dos solos pelo cromo ocorre em virtude da utilização de resíduos de curtumes como fertilizantes. Esses resíduos são utilizados pois possuem alto teor de matéria orgânica e nutrientes, bem como poder de neutralização para correção do pH do solo (KLASSEN, 2008).

O cromo penetra no organismo por inalação de névoas, fumos e poeiras. Embora a via respiratória seja a principal rota de entrada desse elemento no caso da exposição ocupacional, outras vias como a dérmica e a oral exercem importantes papéis na exposição ambiental. A

ingestão do cromo se dá por meio do consumo de certos alimentos como peixe, lagosta, frango e levedo de cerveja, que possuem naturalmente o metal, e também da água potável. A exposição dérmica ocorre através do contato com produtos contendo cromo em sua composição, que podem causar dermatite alérgica. Produtos como os têxteis, cimento, couro, madeira tratada, materiais de limpeza e óleos lubrificantes estão entre aqueles que contêm o metal em sua composição. A utilização destes resíduos como fertilizante é devido ao seu elevado teor de matéria orgânica e nutrientes assim como poder de neutralização para correção do pH do solo (KLAASEN, 2008; MORAES, 2010). Estudos mostram que o consumo médio de cromo, contido nos alimentos, tem sido em torno de 60 µg/dia. No entanto, sem incluir o cromo proveniente da migração dos utensílios domésticos feitos de aço inoxidável, composto rico no metal. Exposição por inalação do cromo hexavalente em certas ocupações tem sido associada a um risco aumentado de câncer de pulmão. Pesquisas realizadas com trabalhadores de diversas áreas que utilizam o metal em seus processos apontaram para um aumento significativo de casos de câncer e doenças de pele. Dentre as atividades industriais que se destacam pelo maior potencial de risco de exposição estão a fabricação de aço inoxidável, uso de tinta em aerossol por pintores e processo de curtimento em curtumes (KLAASEN, 2008; MORAES, 2010, ATSDR, 2012).

#### **7.2.4. Toxicocinética**

- Absorção

A toxicocinética dos compostos de cromo depende do seu estado de valência e da natureza de seus ligantes. Os compostos de cromo III ocorrem naturalmente, enquanto os compostos de cromo hexavalente são produzidos industrialmente pela oxidação dos compostos de cromo trivalente. A absorção dos compostos de cromo inalados depende das propriedades físicas e químicas das partículas como o estado de oxidação, tamanho, solubilidade e a atividade dos macrófagos alveolares (ATSDR, 2012).

Os compostos insolúveis de cromo trivalente são pouco absorvidos pelo trato gastrointestinal. Entre 0,5 e 2% dos compostos de cromo trivalente presentes na dieta são absorvidos pelo TGI e, aproximadamente, cerca de 2 a 10% de cromo (VI) são absorvidos por esta rota (MORAES, 2010). A absorção dérmica dos compostos de cromo depende das propriedades físico-químicas, do veículo bem como da integridade da pele, pois ambas as formas podem penetrar na pele. A penetração do Cr<sup>+6</sup> é favorecida pelo aumento do pH. A principal barreira da pele formada pela epiderme determina a diferença na absorção das duas



espécies, porém componentes da pele favorecem a redução do cromo a valência  $\text{Cr}^{+3}$ . O cromato de potássio concentrado pode causar queimaduras químicas na pele, facilitando sua absorção. Após penetrar no sangue, o cromo hexavalente é absorvido pelos eritrócitos, enquanto que essa absorção é pequena para o cromo trivalente (KLAASEN, 2008; ATSDR, 2012).

A absorção de compostos de cromo hexavalente é maior (20 a 10%) do que a de compostos de cromo trivalente (0,5 a 2%) (KLAASSEN, 2008). O ânion cromato penetra facilmente nas células através dos canais aniônicos não-específicos. Já os compostos de cromo III são absorvidos por difusão passiva ou fagocitose. Vapores e névoas de cromo (VI) hidrossolúveis são absorvidos em todo trato respiratório, havendo redução pelo fluido epitelial e macrófagos alveolares (MORAES, 2010). A velocidade de absorção do cromo após inalação depende da hidrossolubilidade do composto e do tamanho das partículas inaladas. Uma vez absorvido o cromo tende a ser reduzido de (VI) para (III), forma menos tóxica e mais facilmente excretada (ATSDR, 2012).

- Distribuição

Uma vez absorvido, o cromo é transportado pelo sangue para todos os órgãos do corpo. O cromo (III) liga-se principalmente às proteínas séricas, especialmente a transferrina, enquanto que o cromo (VI) penetra facilmente nos eritrócitos. Cromo sérico parece refletir principalmente exposição a longo prazo, embora também assinala exposição recente (ATSDR, 2012). No organismo humano, o cromo apresenta elevadas concentrações no fígado, baço, rim e pulmão, e pode ficar retido nos pulmões por muitos anos (KLAASEN, 2008). Desta forma, o pulmão é o órgão alvo, onde ocorre o maior acúmulo do metal, enquanto o sistema respiratório é o órgão crítico, local de aparecimento dos primeiros sinais e sintomas da contaminação. A meia-vida do cromo administrado como cromato de potássio, é de 35 a 40 horas. O estudo realizado com trabalhadores expostos a Cromo III, baseado no modelo cinético de um compartimento, permitiu verificar a meia-vida urinária de 4 a 10 horas para esta espécie do metal (ATSDR, 2012).

- Metabolismo

As funções bioquímicas e os efeitos do cromo são dependentes de seu estado de oxidação, pois enquanto o cromo (VI) é tóxico por ser um agente carcinogênico, o cromo (III) é considerado um nutriente essencial para os humanos (SUSSULINI et al., 2006).

A forma trivalente é metabolicamente ativa e se liga com ácidos nucleicos dentro da célula. Como não há captação preferencial da forma hexavalente pelas células, tem sido sugerido que esse  $\text{Cr}^{+3}$ , reduzido da forma  $\text{Cr}^{+6}$ , por ser vinculado ao material genético, seja agente causador de mutagênese (KLAASSEN, 2008).

- Eliminação e excreção

A eliminação ocorre predominantemente pela via urinária, mas também através da bile e fezes. Cabelo, unhas, leite materno e suor são vias de excreção de menor importância (KLAASSEN, 2008). A excreção urinária reflete a exposição recente. Exposição prolongada aumenta a taxa de depuração renal. Considerando a baixa absorção de compostos de cromo por via oral, a principal via de excreção após exposição oral é através das fezes. Informações sobre a excreção de cromo em humanos após exposição cutânea ao cromo ou seus compostos é limitada (ATSDR, 2012).

A maior parte do cromo absorvido por inalação é eliminada através da urina, sendo excretada após as primeiras horas de exposição. Um estudo com trabalhadores de um curtume revelou que as amostras de urina coletadas sexta-feira à tarde apresentaram maior concentração de cromo (III) do que aquelas colhidas na segunda-feira, mostrando acumulação do cromo no decorrer da semana de trabalho. Os valores encontrados para os dois dias de coleta no grupo de trabalhadores foram mais elevados do que os níveis de cromo encontrados no grupo de comparação (ATSDR, 2012).

A excreção de cromo (III) a partir de cabelo, soro e urina foi estudada em um grupo de cinco homens que deixaram de trabalhar em um curtume nove meses antes da realização da pesquisa. Em comparação com níveis registrados durante o emprego, o teor médio de cromo no cabelo foi reduzido de 28,5 para 2,9  $\text{mmol g}^{-1}$ , enquanto que o do soro foi reduzido de 9,4 a 3,8  $\text{nmol L}^{-1}$ . Esses níveis são comparáveis aos da população em geral. Entretanto, a concentração do metal na urina permaneceu inalterada (13,8  $\text{nmol L}^{-1}$ , enquanto trabalhava, e 14,4  $\text{nmol L}^{-1}$  após 9 meses). Os autores afirmaram que este fato provavelmente foi causado pelo consumo de cerveja (uma fonte de cromo) na noite anterior à amostragem. Dados de estudos realizados por meio de autópsia indicaram que o cromo pode permanecer no pulmão durante décadas após a interrupção da exposição ocupacional (ATSDR, 2012).

A excreção do Cr, especialmente pelo sistema urinário, pode aumentar 1-30 vezes em situações estressantes ou devido a uma dieta rica em carboidratos (PECHOVA e PAVLATA, 2007). Cabelo, unhas, leite e suor são vias de excreção de menos importância para a eliminação

do cromo no organismo. O cromo pode ser transferido para os fetos através da placenta e aos bebês através do leite materno (SILVA e PEDROZO, 2001).

Em uma fábrica de dicromato na Rússia a análise de níveis de cromo foi realizada em mulheres durante e após a gravidez. Os resultados demonstraram que os níveis de cromo no sangue e urina durante a gravidez, no sangue do cordão umbilical, placenta e leite materno no momento do nascimento da criança foram significativamente mais elevados quando comparados aos controles não expostos. Além disso, o estudo relatou que o cromo pode ser transferido aos bebês através do leite materno (ATSDR, 2012).

### 7.2.5. Toxicodinâmica

- Sistema Renal

A ingestão acidental de altas doses de compostos de Cr (VI) pode causar insuficiência renal aguda caracterizada por proteinúria, hematúria e anúria, porém dano renal causado por exposição crônica é pouco discutido (ATSDR, 2012).

Um estudo de caso relatado por Jagannati et al (2016), relatou que um jovem de 21 anos, trabalhador de uma loja de telefones celulares, foi internado com rabdomiólise, insuficiência renal e edema pulmonar, necessitando de ventilação mecânica e hemodiálise. Após extenso trabalho e descartando outras causas, a contaminação por metal foi considerada. Investigações durante o período de internação hospitalar revelaram intoxicação por cromo.

A função renal foi estudada em trabalhadores envolvidos na produção de cromato e dicromato, em soldadores (de aço inoxidável), em trabalhadores empregados na produção de ferrocromo, em caldeireiros e em trabalhadores de uma planta de ligas de aço e foi observado que os trabalhadores expostos a compostos de cromo hexavalente numa instalação de produção de cromato tinham níveis mais elevados de proteína de ligação ao retinol na urina em comparação com os não expostos. Em uma extensa pesquisa para determinar o estado de saúde dos trabalhadores de cromato em sete plantas de produção de cromato nos EUA, a análise da urina revelou uma frequência mais alta de glóbulos brancos e glóbulos vermelhos do que é normalmente encontrado em uma população industrial. Aumentos significativos na atividade da N-acetil-D-glucosaminidase urinária e níveis de microalbumina e  $\beta$ 2-microglobulina foram observados em trabalhadores da produção de cromato. O nível médio de cromo no ar foi de  $27,13 \mu\text{g m}^{-3}$  e o tempo médio de exposição foi de 12,86 anos. Foram encontradas correlações significativas entre os níveis de cromo no ar e os níveis de cromo na urina; o nível médio de

cromo urinário foi de  $17,41 \mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina. O estudo também encontrou correlações significativas entre os níveis de ar, sangue total e cromo urinário e biomarcadores de dano renal (atividade da N-acetil- $\beta$ -D-glicosaminidase urinária e níveis de microalbumina e  $\beta$ 2-microglobulina) (ATSDR, 2012).

#### • Sistema Respiratório

A exposição ocupacional ao Cr hexavalente nas indústrias de compostos, particularmente na produção de cromo e pigmentos, está associada ao risco aumentado de câncer de pulmão. A toxicidade do cromo depende do seu estado de oxidação, sendo o cromo hexavalente mais tóxico que o cromo trivalente. Acredita-se que essa maior toxicidade seja decorrente da capacidade do cromo hexavalente em penetrar nas células em comparação com o cromo trivalente (ATSDR, 2012; CHERVONA et al., 2012).

Os compostos de cromo provocam irritação nas vias aéreas superiores causando dispneia, tosse e dor no peito, podendo levar ao câncer pulmonar. Os sinais e sintomas respiratórios da contaminação são pruridos nasais, rinorreia e epistaxe (sangramento nasal) que evoluem para ulceração e perfuração do septo nasal (MORAES et al., 2010). Na literatura, o cromo é amplamente referenciado como agente ocupacional causador de várias doenças do trato respiratório como rinites, sinusites, mudança de olfato e perfurações do septo nasal (BAGATIN e COSTA, 2006).

Os problemas dermatológicos causados pelo cromo hexavalente incluem úlceras, que se desenvolvem em áreas úmidas como a mucosa nasal, ou em pontos da pele em que ocorreram lesões prévias como abrasão ou devido às feridas (KLAASSEN, 2008).

#### • Sistema Reprodutor

Cavallini et al. (2016) realizaram um estudo envolvendo 30 mulheres nascidas e residentes em Taranto, Itália e outras 30 mulheres que moravam em áreas rurais não contaminadas. Foi, então, observado níveis mais elevados de Cr (e três outros metais) nos fluídos foliculares do grupo exposto quando comparados ao grupo controle. Nesse estudo, os autores concluíram que a diminuição do número de oócitos maduros encontrados em mulheres expostas e a diminuição da produção de estradiol podem ser devido à exposição crônica a metais, em especial Cr e Pb.

- Sistema Cardiovascular

As informações sobre os efeitos cardiovasculares em humanos após a exposição por inalação ao cromo e seus compostos são muito limitadas. A função cardiovascular foi estudada em 230 trabalhadores de meia-idade envolvidos na produção de dicromato de potássio que apresentavam manifestações clínicas de intoxicação por cromo e em um grupo controle de 70 trabalhadores saudáveis com idade semelhante. Ambos os grupos com manifestações clínicas apresentaram alterações na atividade bioelétrica e mecânica do miocárdio, determinadas por eletrocardiografia. As alterações no miocárdio podem ser secundárias aos efeitos pulmonares e / ou a um efeito direto nos vasos sanguíneos e no miocárdio (ATSDR, 2012).

A ingestão insuficiente de cromo leva ao aparecimento de sinais e sintomas semelhantes aos de doenças cardiovasculares. Entretanto, a dose diária desse elemento essencial frequentemente é inferior aos  $200 \mu\text{g Kg}^{-1}$  (KLAASEN, 2008).

- Sistema Hematológico

Avaliações hematológicas revelaram leucocitose em 14,4% ou leucopenia em 19,6% dos trabalhadores (n=97) que foram expostos a uma mistura de minério de cromita insolúvel contendo cromo trivalente e cromato de sódio solúvel. Diminuições nas concentrações de hemoglobina e discretos aumentos no tempo de sangramento também foram observados. A relação entre o soro e os níveis de cromo na urina e hemoglobina no sangue foi examinada em trabalhadores expostos ao cromo trivalente em uma fábrica de curtumes em Leon, México. Grupos de trabalhadores foram classificados como não expostos (controle; n = 11), moderadamente expostos (n = 14) ou altamente expostos (n = 11) com base no tipo de trabalho. Foi observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos não exposto, moderado e alto nível de exposição (ATSDR, 2012).

Um estudo realizado em Hangzhou, na China, com 157 trabalhadores e 93 sujeitos sem histórico de exposição ocupacional ao cromo (grupo controle), indicou haver exposição detectável de cromo em trabalhadores de galvanoplastia. Além disso, a exposição ao cromo ocupacional de baixo nível induziu danos ao DNA e a concentração de cromo nos eritrócitos foi cerca de duas vezes maior nos trabalhadores de galvanoplastia do que nos controles (diferença estatisticamente significativa) (ZHANG et al., 2011).

- Sistema Endócrino

O cromo tem como principal função fisiológica a participação no metabolismo da insulina, um componente do GTF (Fator de Tolerância a Glicose), substância que trabalha com a insulina para facilitar a entrada da glicose nas células, regulando os níveis glicêmicos. A composição da molécula do GTF contém cromo, vitamina B3 (niacina), e os aminoácidos glicina, ácido glutâmico e cisteína. O cromo faz parte de um sistema glicose – insulina, que mantém o controle homeostático da glicemia no organismo, mas a quantidade e a fonte de cromo são fundamentais para sua efetividade (MULLALLY, VOGELSANG e MOLITERANO, 2004). Inibe a enzima chave da síntese de colesterol, melhorando o perfil lipídico de indivíduos com níveis elevados ou anormais de lipídios e/ou lipoproteínas no sangue (KLASSEN, 2008; ASTDR, 2012).

Um aumento da atividade da amilase sérica (um marcador para a função pancreática) foi observado em um grupo de 50 trabalhadores de chapeamento de cromo em Bangalore, na Índia, em comparação com 50 trabalhadores não expostos. A duração do emprego dos trabalhadores expostos variou de 15 a 20 anos; os níveis de exposição não foram relatados. A atividade da amilase sérica em trabalhadores expostos foi correlacionada ao cromo na urina ( $r = 0,289$ ;  $p < 0,05$ ). Não foram localizados estudos sobre os efeitos endócrinos em humanos após exposição por inalação a compostos de cromo trivalente (ASTDR, 2012).

- Sistema Imunológico

As reações asmáticas alérgicas caracterizam-se pela adeganulação de mastócitos e o recrutamento de eosinófilos e neutrófilos para o tecido brônquico, que pode ser mediado pela imunoglobulina (Ig) E (KEEGAN et al., 2008).

- Carcinogenicidade

O Cr hexavalente representa um risco significativo de câncer no sistema respiratório, tendo sido classificado como carcinogênico pertencente ao grupo I pela Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer e grupo A pela U. S. Environmental Protection Agency. No entanto, a carcinogenicidade dos compostos Cr (III) e Cr metálico permanece questionável devido à falta de evidência adequada (grupo 3) (KEEGAN et al., 2008, ATSDR, 2008; XU et al., 2018).

- Diretrizes e Recomendações

As Resoluções Brasileiras e Portarias que estabelecem valores máximos permitidos de cromo em amostras ambientais são: CONAMA 460/2013 (solo e subsolo: valor de prevenção =  $75 \text{ Kg}^{-1}$ ), PORTARIA 2914/2011 (atual Portaria de Consolidação N°5 de 28 de setembro de 2017 = água potável: padrão de potabilidade =  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ ), CONAMA 396/2008 (água subterrânea =  $50 \mu\text{g L}^{-1}$ ), CONAMA 430/2011 (águas doces - classes 1 =  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ , águas salinas - classe 1 =  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ , águas salobras - classe 1 =  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ ).

### 7.3. MANGANÊS (Mn)

#### 7.3.1. Oferta Mundial, Produção interna e Consumo

O manganês é amplamente distribuído na crosta terrestre, mas não ocorre naturalmente em seu estado nativo, e sim, juntamente a mais de cem minerais, incluindo óxidos, sulfetos, carbonatos e silicatos. O mineral de manganês mais comum é a pirolusita (dióxido de manganês), com 60-63% de manganês, mas também ocorrem junto a rodocrosita (carbonato de manganês) e o rodonita (silicato de manganês) (LUCCHINI et al., 2014).

A maioria do manganês é extraído em minas a céu aberto ou subterrâneas rasas e os minérios de alta qualidade, ou seja, percentual acima de 35% encontram-se na África do Sul que é responsável por cerca de 78% dos recursos minerais de manganês no mundo, seguido da China, Austrália, Gabão e Brasil (5º maior produtor mundial de manganês) (USGS, 2018). O aumento nos valores das reservas brasileiras em relação aos anos anteriores ocorreu após uma reavaliação, principalmente, daquelas localizadas no estado do Pará (DNPM, 2016).

Em 2014, as principais empresas produtoras foram: VALE S/A (MG e PA), Mineração Biritirama S/A (PA), Urucum Mineração S/A (MT) e Sociedade Brasileira de Imóveis Ltda (MS) que, juntas, foram responsáveis por 89,9% da produção. O estado do Pará é o principal produtor de concentrado de manganês do país, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais também contribuem na produção nacional (DNPM, 2016). A produção brasileira estimada de concentrado de manganês, em 2014, foi de 2,7 milhões de toneladas (2014), com diminuição de 3,8% em relação ao ano anterior. No entanto, em 2015, a produção atingiu 2,8 milhões de toneladas (DNPM, 2016). De 2016 para 2017 houve um aumento de 10% na produção (USGS, 2018).

A maior parte do consumo de minério está relacionada à produção de aço, diretamente na fabricação de ferro-gusa ou indiretamente através da atualização do minério para ferro-ligas.

Parte do minério é utilizada para finalidades não-metalúrgicas, como a produção de baterias secas, em fertilizantes e ração animal, e como corante de tijolos (USGS, 2018).

### 7.3.2. Principais usos e aplicações

O nome manganês teve sua origem numa região chamada Magnésia, hoje a Grécia moderna. Há registros de que no período paleolítico, homens já utilizaram o dióxido de manganês ( $MnO_2$ ) como pigmento para suas pinturas rupestres. Na Grécia antiga, homens faziam suas armas com minério de ferro rico em Mn (RAMOS, 2013). Após a virada do século 20, os compostos de manganês ainda eram usados como remédios para "anemia, sífilis, escrofula, aumento do baço e clorose" (FINKELSTEIN et al., 2007).

O uso de manganês na fabricação de vidro deu-se origem com os egípcios e romanos, eles usavam o metal para dar cor ao vidro tendo essa utilidade até hoje. No século XIX ocorreram os maiores avanços no uso do Mn, principalmente na indústria siderúrgica (RAMOS, 2013).

O manganês metálico (ferro-manganês) é usado em processos metalúrgicos e, cerca de 90%, é destinado à fabricação de aço (ferro-gusa) como um aditivo desoxidante e dessulfurante e como um constituinte de ligas, contribui no aumento da dureza, rigidez e resistência do produto. É usado em aço carbono, aço inoxidável, aço de alta temperatura e aço para ferramentas, bem como em ferro fundido e superligas (CICAD, 2004; ATSDR, 2012; LUCCHINI et al., 2014). Os compostos de manganês possuem ampla variedade de uso. O cloreto de manganês ( $MnCl_2$ ) é usado como um precursor para a constituição de outros compostos de manganês em baterias de células secas, como catalisador na cloração de compostos orgânicos, na nutrição animal. O dióxido de manganês ( $MnO_2$ ) é bastante utilizado na produção de baterias de células secas, fogos de artifício, fósforos, vidro de ametista, porcelana e vidro. O sulfato de manganês é comumente utilizado como fertilizante de plantas (60% do consumo total) e como suplemento pecuário (30% do consumo total). Outras aplicações dos compostos de manganês são: esmaltes porcelanizados, vernizes, cerâmicas, fungicidas, corantes de tijolo, fabricação de varetas para soldas, na indústria de cerâmica para colorir vidros, na fabricação de corantes, tintas, vernizes, secantes e produtos farmacêuticos. O poder oxidante do permanganato de potássio ( $KMnO_4$ ) permite que ele seja usado como desinfetante; um agente antialgal; para limpeza de metais, bronzeamento e branqueamento; e como agente de purificação de água. O maneb (etileno-bis-ditiocarbamato de manganês) é usado como um fungicida de contato de amplo espectro e, também, é usado para o tratamento



de sementes de pequenos grãos, como trigo. Outra fonte comum de manganês é na produção de ligas de metais não ferrosos como o bronze de manganês, para máquinas que requerem alta resistência à água do mar, e em ligas com cobre, níquel, ou ambos na indústria elétrica, melhorando a fluidez e resistência mecânica das ligas. Outra liga de alta resistência (60% Cu, 20% Mn e Ni 20%), é utilizada para a fabricação de pequenas peças para a indústria de relógios. A maior aplicação da liga alumínio-manganês é em latas de bebidas, sendo produzidas cerca de cem bilhões de unidades por ano. O composto organometálico MMT (ciclopentadienil manganês tricarbonil) vem sendo utilizado na gasolina como forma de elevação da octanagem e redução de explosão de motor (anti-detonante) em veículos equipados com conversores catalíticos (CICAD, 2004; ATSDR, 2012; LUCCHINI et al., 2014; ANDRADE et al., 2015). Compostos de manganês também pode ser encontrado na droga de rua “Bazooka” (cocaína contaminada com carbonato de manganês a partir de métodos de preparação de base livre) (NEVES et al., 2009; ATSDR, 2012). O Mn também é utilizado na composição de suplementos alimentares (ATSDR, 2012).

### **7.3.3. Exposição Humana**

O Manganês (Mn) é um metal essencial ao organismo. Como todo metal essencial, desempenha funções importantes no desenvolvimento e metabolismo humano. Encontra-se naturalmente presente em diferentes tipos de rochas e solos, mas pode ser inserido no ambiente por meio de atividades antropogênicas como o uso de praguicidas e fertilizantes (ATSDR, 2012).

O Mn pode entrar na atmosfera por processos naturais e antropogênicos (RAMOS, 2013; NORDBERG et al., 2014). As concentrações de manganês que ocorrem naturalmente no ar são relativamente baixas. No entanto, as atividades humanas são fontes significativas de emissão de Mn para o ambiente. A exposição ocorre geralmente de forma ambiental ou ocupacional. Ambientes internos ou próximos a indústrias de ligas, aço e produtos de ferro ou em áreas de construções civis, de atividades agrícolas ou de mineração podem possuir níveis mais elevados de manganês, visto que liberam quantidades significativas do metal no ar (ar externo e interno) através de fumaça, poeira e aerossóis (CICAD, 2004). A gasolina, contendo o agente anti-detonante MMT (ciclopentadienil manganês tricarbonil), quando entra em combustão, libera produtos como fosfato de manganês e sulfeto de manganês no ar (ciclopentadienil manganês tricarbonil) (NORDBERG et al., 2014). Descargas de águas

residuais, lodos de esgotos e uso de fungicidas que contenham manganês (Maneb) são potenciais fontes de contaminação de solos e plantas (CICAD, 2004).

O Mn pode estar presente em água doce tanto na forma solúvel como na suspensa. Concentrações de Mn em água doce podem variar, embora a água de beber geralmente contenha menos de  $100 \mu\text{g L}^{-1}$ . Em água de mar, foi encontrada a concentração que variou de 0,4 a  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  de Mn. A presença de altos níveis de Mn também já foi relatada em águas minerais engarrafadas (RAMOS, 2013).

O Mn também está presente na dieta e disponível como suplemento alimentar (ATSDR, 2012). Os alimentos geralmente constituem uma fonte importante de ingestão de Mn para humanos, mas as concentrações variam dependendo do tipo de alimento. As maiores concentrações de Mn são encontradas em alimentos de origem vegetal (cereais) como o trigo e o arroz. Altas concentrações de Mn também foram encontradas em verduras. Estudos em humanos relatam que o consumo médio diário de Mn por um adulto varia de 2 e 9 mg / dia e em crianças de 3 a 5 anos e 9 a 13 anos, 1,4 mg / dia e 2,18 mg / dia, respectivamente (RAMOS, 2013, ATSDR, 2012).

#### **7.3.4. Toxicocinética**

- Absorção

A exposição ao manganês ocorre principalmente através da via inalatória. Somente pequenas partículas de manganês atingem o revestimento alveolar e podem atingir a corrente sanguínea. E, dependendo da capacidade de atravessar a barreira hematoencefálica, o manganês poderá atingir o sistema nervoso central, podendo produzir diversos efeitos neurotóxicos. Embora a absorção do epitélio alveolar seja pouco conhecida, qualquer material particulado introduzido por essa via, apresentam as mesmas características da absorção pulmonar. O grau de absorção respiratória de manganês por inalação ocorre em função do tamanho das partículas, pois este indicará a provável localização da deposição de partículas no trato respiratório. As partículas inferiores a  $1 \mu\text{m}$ , atingem as regiões mais profundas dos alvéolos e são, em geral, absorvidas pelo sangue e fluidos linfáticos (ATSDR, 2012).

Outra via de exposição é gastrointestinal. Na região alveolar, parte do material depositado é removido, para o epitélio ciliado dos bronquíolos que por ação mucociliar, chega a nasofaringe, podendo ser deglutido, e, conseqüentemente, atingindo a mucosa gastrointestinal

(NORDBERG et al., 2014). Além disso, a absorção do manganês depositado no pulmão deverá ser maior para suas formas solúveis em comparação com aquelas relativamente insolúveis (ATSDR, 2012, NORDBERG et al., 2014). Partículas maiores ou nanométricas depositadas na mucosa nasal são transportadas diretamente para o cérebro (ATSDR, 2012, NORDBERG et al., 2014). O manganês inalado entra em contato primeiramente com o cérebro antes de chegar ao fígado (RAMOS, 2013). A exposição por via oral está associada à ingestão de alimentos, água ou suplementos vitamínicos contendo manganês. A ingestão do metal depende da dieta alimentar, pois as concentrações nos alimentos variam sensivelmente, sendo maiores em certos alimentos de origem vegetal como trigo e arroz. A taxa de absorção na mucosa gastrointestinal pode ser influenciada por diversos fatores, como idade, tipo de composto, ingestão de bebidas alcoólicas (ATSDR, 2012, NORDBERG et al., 2014). No entanto, a associação entre nível de ferro e a concentração de manganês no organismo é o que vem sendo mais estudado. A deficiência de ferro aumenta a absorção de manganês no trato gastrointestinal. Essa interrelação entre esses elementos pode se dar ao fato deles serem absorvidos pelo mesmo sistema de transporte (NORDBERG et al., 2014; ANTUNES e CANZIANI, 2016). Dados mais recentes também confirmam que a absorção de Mn é inversamente proporcional ao nível de cálcio no organismo (NORDBERG et al., 2014 NORDBERG et al., 2014).

Embora muitas formas de manganês sejam solúveis em água, há poucas evidências de que o manganês em contato com a pele, resulte em uma absorção significativa. No entanto, a exposição ocupacional ao MMT pode ser significativa via absorção cutânea, principalmente, para atendentes de postos de gasolina (ATSDR, 2012; NORDBERG et al., 2014).

#### • Distribuição

Os tecidos de baixa atividade metabólica, como músculos, pele, bexiga, testículos, útero, ossos e tireóide apresentam menores níveis de manganês. Esta distribuição provavelmente está correlacionada com a quantidade de mitocôndrias do órgão ou tecido. Os tecidos pigmentados, como o cabelo e a pele, se escuros, tendem a acumular manganês (NEVES et al., 2009). O manganês é distribuído por todo o corpo em concentrações relativamente constantes que são características dos tecidos individuais e quase independentes das espécies. Geralmente, órgãos e tecidos não acumulam grandes concentrações de Mn (NORDBERG et al., 2014).

Estudos relataram, a ocorrência de uma sobrecarga cerebral após absorção excessiva de Mn e, também, após exposição prolongada a baixas doses (NORDBERG et al., 2014). Estudos em humanos que sofrem de doença hepática crônica ou alguma outra disfunção hepática após

exposição oral, presumivelmente pela dieta, com excreção de Mn comprometida mostraram que o Mn se acumula preferencialmente nos gânglios da base, especialmente o *globus pallidus* e a *substantia nigra* (LISTIK et al., 2012; NORDBERG et al., 2014).

Estudos apontaram que o manganês atravessa a barreira placentária provavelmente ligado a transferrina (HANDBOOK, 2014, DEES et al., 2017; YU e ZHOU, 2018, PARSONS-WHITE e SPITZER, 2018). O manganês não se liga a metalotioneína como vários outros metais. Possui afinidade por radicais N-imidazólicos como os da histidina (HAYDEN et al., 2013; PEANA et al., 2013), semelhante ao ferro (BRAZZOLOTTO et al., 2014).

Estudos verificaram que os níveis de manganês aumentaram durante a o avançar da gestação (GUAN et al., 2014, CHEN et al., 2014) e que os níveis desse metal no cordão umbilical foram significativamente superiores aos encontrados no sangue materno (NORDBERG et al., 2014; GUAN et al., 2014; CHEN et al., 2014). O hábito de fumar e fatores ambientais podem interferir no equilíbrio e nos mecanismos homeostáticos necessários para manter os níveis de Mn adequados durante a gestação (NORDBERG et al., 2014; MACCANI et al., 2015; LUCCHINI et al., 2017). A prevalência de altos níveis de Mn no sangue do cordão umbilical foi significativamente maior em um estudo com MMT realizado em Montreal (NORDBERG et al., 2014). O manganês é secretado no leite materno (LI et al., 2016; TING et al., 2018). Em uma revisão sistemática realizada na China, foram determinados manganês no leite de transição ( $1,62 \pm 0,62$ ; n=120) e leite maduro ( $2,18 \pm 2,40$ ; n=387) (TING et al., 2018). Em adultos saudáveis com uma dieta normal, cerca de 66% do Mn no sangue é encontrado nos glóbulos vermelhos, 30% nos glóbulos brancos e plaquetas e apenas 4% no plasma (NORDBERG et al., 2014).

- Metabolismo

O manganês é um metal essencial para a saúde humana. Além disso, é um importante cofator de diferentes enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, aminoácidos e colesterol (ARDINI et al., 2018).

Esse metal possui vários estados de oxidação e alguns poucos dados sugerem que ele pode sofrer mudanças no estado de oxidação no organismo. O estado de oxidação do íon Mn, comumente encontrado, em várias enzimas parece ser Mn<sup>+3</sup>. No entanto, a maioria do Mn captado do ambiente é Mn<sup>+2</sup> ou Mn<sup>+4</sup>. Em laboratório, foi observada a oxidação de Mn<sup>+2</sup> a Mn<sup>+3</sup> causada pela ceruloplasmina, mas pouco se diz a respeito desse processo in vivo. Outra linha de evidência de que Mn pode sofrer mudanças no estado de oxidação no organismo é

baseada em medidas de Mn em tecidos e fluidos usando ESR (ressonância eletrônica de spin), que detecta os elétrons desemparelhados (NORDBERG et al., 2014).

O mecanismo pelo qual o  $Mn^{+2}$  provoca a disrupção mitocondrial está ligado a homeostasia do  $Ca^{+2}$ , isso se dá pelo fato deles apresentarem raio iônico próximos. O  $Mn^{+2}$  inibe o efluxo do cátion de  $Ca^{+2}$  através das vias  $Na^+$  por mecanismo competitivo (SANTOS, 2007). O Mn é necessário para o metabolismo adequado do ferro, pois possuem preferências de ligantes muito semelhantes. Dessa forma, a deficiência de ferro pode aumentar o risco de acumulação de manganês no cérebro. O Mn e o Fe possuem estado de oxidação semelhantes e elevada afinidade pela transferase (SANTOS, 2007; ARDINI et al., 2018). Estudos apontam que a arginase, uma importante enzima presente no fígado, seja formada por um centro binuclear de Mn II. Essa enzima é responsável por catalisar a quebra de ligações C–N na arginina e conseqüente síntese da ureia (WEGERMANN, 2013; SOUSA et al., 2014).

#### • Eliminação e excreção

A homeostase do manganês é obtida principalmente pela excreção. O Mn absorvido é quase totalmente excretado através da parede intestinal. A principal via de excreção é através da bile, muito pouco é eliminado pela urina. A concentração de Mn na bile é de 100 a 200 superior àquela encontrada no plasma e isso ocorre, provavelmente, devido ao mecanismo de transporte contra o gradiente de concentração. O manganês é removido do sangue pelo fígado, onde se conjuga com a bile e é excretado no intestino. Depois de atingir o intestino, a maior parte do elemento é excretada nas fezes. Pequenas quantidades de Mn também podem ser encontradas na urina, suor e leite. Em humanos, a excreção urinária de Mn é menor que  $1 \mu g L^{-1}$ . As diferenças na excreção urinária podem ser devidas a diferenças na duração e extensão da exposição. Após a exposição ao composto orgânico MMT, a excreção de Mn ocorre em grande parte pela urina e é da mesma magnitude que a excreção gastrointestinal. O manganês originário da aplicação clínica do mangafodipir é excretado principalmente nas fezes através da bile e não é eliminado do corpo completamente 24 horas após a administração, com cerca de 7-8% da dose ainda sendo retida no corpo após 1 semana (SANTOS, 2007; NEVES et al., 2009; NORDBERG et al., 2014). O manganês tem uma meia-vida biológica média de 36 dias para todo organismo. A sua eliminação no sangue ocorre rapidamente e no plasma pode variar de 0,5 a 5 minutos. O manganês apresenta cinética bicomportamental, possuindo uma fase rápida de 4 dias e uma fase lenta de 39 dias. Contudo, cerca de 65% desse metal é eliminado na fase lenta (SANTOS, 2007).

### 7.3.5. Toxicodinâmica

- Sistema Nervoso

O Sistema Nervoso Central (SNC) é o principal alvo da toxicidade de Mn. Estudos mostraram que o corpo estriado e o sistema motor extrapiramidal são alvos de excessiva exposição ao Mn. A exposição ao manganês se acumula principalmente, no *globus pallidus* dos núcleos basais, podendo, portanto, causar danos a essa região. Tais danos causam sintomas semelhantes ao parkinsonismo. A substância negra pode ser afetada pelo Mn, mas geralmente em menor grau do que o *globus pallidus* (NORDBERG et al., 2014). A neurotoxicidade dos compostos de manganês é ampla no que diz respeito aos mecanismos celulares, intracelulares e moleculares. O Mn pode prejudicar a função mitocondrial pela inibição da cadeia de transferência de elétrons mitocondrial, afetando a atividade das enzimas da cadeia respiratória, interferindo com a fosforilação oxidativa. Além disso pode alterar a homeostase do cálcio na mitocôndria (FINKELSTEIN et al., 2007). O manganês afeta muitas atividades biológicas e a intensidade depende diretamente das vias de exposição, dosagem, idade do indivíduo exposto e duração da exposição (NORDBERG et al., 2014). Muitos dos mecanismos de neurotoxicidade do manganês tem sido relacionada aos sistemas dopaminérgicos do cérebro (FINKELSTEIN et al., 2007). Evidências sugerem que a neurotransmissão dopaminérgica é atenuada principalmente, pelo Mn<sup>+3</sup> (maior reatividade oxidativa), podendo levar a alterações na locomoção e problemas emocionais, bem como danos celulares. Além do sistema dopaminérgico, a captação de glutamato pelos astrócitos é significativamente reduzida pelo Mn, aumentando assim a concentração extracelular do glutamato, podendo causar uma falha generalizada na manutenção de reservas ótimas de energia celular (depleção acelerada dos níveis de ATP) (NORDBERG et al., 2014).

Características do manganismo como alteração do humor e declínio intelectual, não podem ser explicadas apenas pelo rompimento dos sistemas dopaminérgicos do SNC. O quadro clínico complexo pode ser consistente com os efeitos do manganês em sistemas neuroquímicos adicionais, principalmente nos sistemas colinérgicos do cérebro. O Mn<sup>+2</sup> também pode inibir a permeabilidade da colina na ausência de cátions inibidores fisiológicos. Dados sugerem que um possível mecanismo para a entrada do manganês divalente no cérebro ocorre através do transportador de colina na barreira hematoencefálica (BHE). Existe uma redução significativa na captação de colina nos lobos frontal e parietal do córtex cerebral, hipocampo, caudado e putâmen. Essas alterações são responsáveis pela resposta emocional, locomoção e funções cognitivas superiores (FINKELSTEIN et al., 2007; HOWLES et al., 2012; BATES et al., 2015).

Alterações induzidas por manganês foram, também, observadas em sistemas neuroquímicos adicionais como a serotonina, GABA, norepinefrina e acetilcolina (FINKELSTEIN et al., 2007; LONG et al., 2014; BATES et al., 2015; MA et al., 2018).

#### • Sistema Respiratório

A exposição aguda ou intermediária ao excesso de Mn afeta o sistema respiratório. A exposição por inalação a altas concentrações de poeira de Mn pode causar uma resposta inflamatória no pulmão (pneumonite química). No entanto, a exposição ao Mn em uma forma insolúvel, como  $MnO_2$ , pode ser prejudicial para o pulmão também em níveis baixos de exposição. Um aumento na incidência de pneumonia, bem como bronquite, foi encontrado em trabalhadores expostos a concentrações de Mn de 0,39-16,35  $mg\ m^{-3}$  em uma fábrica de ligas de Mn. Estudos sobre populações que vivem na vizinhança de fábricas indicaram que a exposição ao Mn pode afetar o sistema respiratório, sendo a bronquite aguda a doença mais frequente. A exposição a longo prazo ao Mn, combinada com o hábito de fumar, pode contribuir para o desenvolvimento de doença pulmonar inespecífica crônica (NORDBERG et al., 2014). A prevalência de asma é atribuível, em parte, ao aumento da exposição a agentes ambientais e industriais, incluindo Mn (HUANG et al., 2016).

#### • Sistema Reprodutor

A impotência e a perda da libido são queixas comuns em trabalhadores ocupacionalmente expostos a Mn. Além disso, a fertilidade também foi prejudicada em concentrações não tão elevadas de Mn (NORDBERG et al., 2014). Segundo Kim et al (2018), níveis mais elevados de Mn foram observados em mulheres com ovários policísticos. Além disso, uma associação inversa entre ingestão de ferro e infertilidade ovulatória foi sugerida.

Um estudo transversal mediu níveis de Mn em 200 clientes de clínica de infertilidade. Correlações entre metais e infertilidade foram relatadas. O alto nível de manganês foi associado ao aumento do risco de baixa motilidade espermática (<50% de mobilidade) e baixa concentração de espermatozoides (<20 milhões / mL). O estudo conclui que a exposição ambiental aos níveis de manganês está associada a uma redução na motilidade e concentração dos espermatozoides (WIRTH et al., 2007).

Em um estudo transversal, as concentrações séricas de inibina B (hormônio produzido pelos testículos e pelos folículos ovarianos) e prolactina de 96 soldados masculinos (com 96

referências correspondentes à idade) e 23 ex-soldadores diagnosticados com manganismo relacionado à soldagem foram elevadas. Nível de prolactina ajustado para idade e tabagismo e inibina B ajustada para consumo de álcool foram maiores nos soldadores do que nos referentes. Concentrações maiores de inibina B nos pacientes poderiam indicar um comprometimento funcional das células testiculares de Sertoli, que pode ser causado por um componente de fumaça de solda (ELLINGSEN et al., 2007).

Em um estudo realizado em três grupos de trabalhadores ocupacionalmente expostos ao Mn (garimpeiros ou trabalhadores de processamento de minério, soldadores elétricos em campos mecânicos e soldadores elétricos em construção naval), encontrou aumento do tempo de liquefação do sêmen e diminuição da contagem e mobilidade espermática. Níveis de outros metais também devem ser observados nesses casos de exposições múltiplas (NORDBERG et al., 2014).

Estudos epidemiológicos levantaram a hipótese de que tanto os níveis insuficientes quanto níveis elevados de manganês no sangue durante a gestação estão associados à redução do crescimento fetal (ZOTA et al., 2009; JIN-HEE et al., 2014; ASHLEY-MARTIN et al., 2018).

Em um estudo sobre as concentrações de manganês em sangue e crescimento intra-uterino, os níveis de Mn no sangue do cordão umbilical e sangue total materno foram medidos em mães aparentemente saudáveis e seus recém-nascidos. O estudo sugeriu que o Mn no sangue do cordão umbilical e materno podem induzir diferentes efeitos no peso ao nascer em mães saudáveis (VIGEH et al., 2008).

- Sistema Cardiovascular

Em um estudo epidemiológico realizado em trabalhadores de ligas contendo ferro foi encontrada uma diminuição na pressão arterial sistólica. A pressão arterial foi medida e comparada em três grupos de trabalhadores do sexo masculino com idade entre 20 e 59 anos em diferentes níveis de exposição ao Mn. Os menores valores (médios) da pressão arterial sistólica foram encontrados nos trabalhadores com maior exposição ocupacional. Os menores valores médios de pressão diastólica foram encontrados nos trabalhadores do grupo controle (NORDBERG et al., 2014).

O potencial de cardiotoxicidade da exposição ao MnO<sub>2</sub> em 656 trabalhadores (547 homens e 109 mulheres) expostos ao Mn foi avaliado em outra pesquisa. Os valores da pressão



arterial mostraram maior frequência de baixa pressão diastólica, mas esse efeito foi maior nos jovens trabalhadores com menor tempo de permanência na planta (NORDBERG et al., 2014).

Em outro estudo, a associação entre a concentração de Mn em amostras biológicas (sangue total, urina e cabelo) e pacientes com infarto do miocárdio (de ambos os sexos) hospitalizados na enfermaria cardíaca do Hospital Nacional da cidade de Hyderabad (Paquistão) foi inversamente associada ao risco de infarto do miocárdio em ambos os sexos (AFRIDI et al., 2011).

- Sistema Hematológico

A partir de estudos sobre envenenamento crônico com Mn, presumiu-se que grandes quantidades de Mn causavam depressão tanto da eritropoiese quanto da formação de granulócitos. Parâmetros eritropoiéticos (contagem de hemácias, hemoglobina e outros) e concentração de ferro sérico em trabalhadores expostos ao Mn mostraram uma tendência consistente e estatisticamente significativa para valores mais baixos, embora os valores estivessem dentro da faixa considerada normal (NORDBERG et al., 2014). Um estudo observacional prospectivo realizado no Hospital Infantil Alder Hey, em Liverpool, Inglaterra, com crianças de 1 a 6 anos que frequentavam o departamento de patologia para exames de sangue de rotina (n = 225) verificou as concentrações de manganês em sangue total e outros fatores como hemoglobina, contagem de glóbulos vermelhos, ferritina, saturação de transferrina e receptores de transferrina solúveis dentre outros. Crianças com anemia por deficiência de ferro apresentaram maiores concentrações medianas de manganês do que crianças com concentração normal de ferro. Isto sugere que as crianças com anemia por deficiência de ferro podem estar em risco de toxicidade por manganês (SMITH et al., 2013).

- Sistema Endócrino

Trabalhadores de fundição expostos a fumaça de Mn por aproximadamente 10 anos, apresentou níveis mais elevados de prolactina sérica (PRL) e cortisol. Não houve alterações nos níveis de Hormônio Folículo Estimulante (FSH) e hormônio luteinizante (LH) (ATSDR, 2012). Segundo KIM e colaboradores (2018), níveis elevados de Mn podem contribuir para a puberdade precoce. SORIA e colaboradores (2015), analisaram a relação entre Mn dentre outros metais e hormônios do estresse ativados por exercícios físicos em dezessete atletas de alto

rendimento. A dieta prévia, os padrões de atividade e os níveis de treinamento foram controlados, e os testes foram programados para minimizar variações devido ao ritmo circadiano. A captação de oxigênio, concentração de lactato sanguíneo, íons plasmáticos (Zn, Se, Mn e Co), glicose sérica, ácidos graxos não esterificados e vários hormônios foram medidos em repouso, ao final de cada estágio e 3, 5 e 7 min pós-exercício. Os níveis de Mn e Co não foram associados com qualquer um dos hormônios ou metabólitos estudados. Em alguns metais determinados nesse estudo foi encontrada associação com zinco e lactato.

- Sistema Imunológico

Num estudo realizado em soldadores (homens) expostos a Mn foram observadas a supressão de linfócitos T e B. No entanto, os soldadores neste estudo também foram expostos a outros compostos, incluindo cobalto, dióxido de carbono e ácido nítrico, bem como a ruído e vibração. Além disso, não se sabe se alguma das alterações registradas está associada a comprometimento significativo da função do sistema imunológico. O manganês pertence a um grupo de agentes chamados metais de transição, juntamente com cromo, cobalto e níquel, que são conhecidos por induzir asma ocupacional. A estrutura química similar do Mn pode assim determinar seu potencial asmogênico. Um relato de caso sobre asma ocupacional, em um soldador foi o primeiro caso bem documentado de asma ocupacional induzida por Mn (NORDBERG et al., 2014).

- Carcinogenicidade

A EPA concluiu que as informações científicas existentes não podem determinar se o excesso de manganês pode ou não causa câncer (ATSDR, 2012).

- Diretrizes e Recomendações

A Health Canada revisou os efeitos do manganês sobre a saúde e obteve um RfC de 0,05  $\mu\text{g m}^{-3}$ . O RfC destina-se a ser a concentração de manganês de ar à qual a população pode ser exposta por toda a vida sem risco apreciável de efeitos adversos à saúde. Para exposição ocupacional, a ACGIH atualmente adota para partículas de Mn inaláveis um TLV-TWA de 0,2  $\text{mg m}^{-3}$  (listado como Mn elementar e compostos inorgânicos, como Mn) e 0,02  $\text{mg m}^{-3}$  de

TLV-TWA para partículas respiráveis. A EPA derivou uma dose de referência oral crônica (RfD) de 0,14 mg / kg / dia para exposição oral a Mn. Para beber água, a OMS publicou uma diretriz de 400  $\mu\text{g L}^{-1}$  para Mn nas “Diretrizes para a Qualidade da Água Potável”. No entanto, a diretriz de 400  $\mu\text{g L}^{-1}$  para Mn foi descontinuada pois está bem acima das concentrações de Mn normalmente encontradas na água potável (ATSDR, 2012).

As Resoluções Brasileiras e Portarias que estabelecem valores máximos permitidos de manganês em amostras ambientais são: PORTARIA 2914/2011 (atual Portaria de Consolidação N°5 de 28 de setembro de 2017 = água potável: padrão organoléptico de potabilidade = 0,1 mg  $\text{L}^{-1}$ ), CONAMA 396/2008 (água subterrânea = 100  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), CONAMA 430/2011 (águas doces - classes 1 = 0,1 mg  $\text{L}^{-1}$ , águas salinas - classe 1 = 0,1 mg  $\text{L}^{-1}$ , águas salobras - classe 1 = 0,01 mg  $\text{L}^{-1}$ ).

#### 7.4. CHUMBO (Pb)

##### 7.4.1. Oferta Mundial, Produção interna e Consumo

As reservas mundiais de minério de chumbo estão concentradas, principalmente, na Austrália, China, Rússia, Peru, México e EUA. Nos últimos anos, foram identificadas reservas de chumbo em associação com zinco e (ou) depósitos de prata ou cobre na Austrália, China, Irlanda, México, Peru, Portugal, Rússia e Estados Unidos (Alasca) (DNPM, 2015, USGS, 2018).

Em 2014, a produção mundial de minério/concentrado de chumbo foi cerca de 5,5 milhões de toneladas. Neste mesmo ano, o Brasil representou 0,1% da reserva global (cerca de 127 mil toneladas), sendo que a produção oriunda do município de Paracatu-MG foi cerca de 20 mil toneladas, 1,9% superior ao ano anterior (DNPM, 2015). Em 2017, as reservas mundiais atingiram 88 milhões de toneladas (USGS, 2018).

Toda a produção brasileira do concentrado de chumbo oriunda de materiais reciclados como baterias automotivas, industriais e de telecomunicações é exportada. As usinas refinadoras estão localizadas, em sua quase totalidade, na região sudeste. A produção secundária do chumbo metálico, em 2014, foi aumentada em 5,5% em relação a 2013, representando 15,5 milhões de baterias vendidas para o mercado de reposição (DNPM, 2015).

Em 2014, não houve consumo aparente do concentrado de chumbo no mercado interno, pois as exportações foram superiores à produção, visto que o Brasil não tem produção primária do chumbo refinado. O consumo do chumbo metálico, contido nas baterias automotivas de

chumbo-ácido, nas baterias industriais e de motos e em outros usos teve queda de 2,2 %, representando cerca de 254 quilotoneladas. Os consumidores de chumbo metálico são, em sua maioria, fabricantes de baterias automotivas (82,1%) e industriais (9,3%), que somados respondem a 91,5% de todo consumo, o restante 8,5% correspondem a fabricação de compostos químicos (DNPM, 2015).

#### **7.4.2. Principais usos e aplicações**

O chumbo foi um dos primeiros metais a ser utilizado pelo homem, pressupondo-se a sua utilização na Ásia Menor em 4000 a.C. O chumbo pode ser usado na forma de metal, puro ou ligado a outros metais, ou como compostos químicos. A importância comercial do chumbo é baseada em sua facilidade de fundição, alta densidade, baixo ponto de fusão, baixa resistência, facilidade de fabricação, resistência ácida. É usado na construção civil, baterias de ácido, munições, proteções contra raios-X e é um constituinte das ligas metálicas para a produção de soldas, fusíveis, revestimentos de cabos elétricos, metais de tipografia, fabricação de vidro, esmaltes cerâmicos (ATSDR, 2007).

#### **7.4.3. Exposição Humana**

O chumbo é amplamente encontrado na crosta terrestre. Emissões vulcânicas, queimadas naturais, intemperismo geológico e névoas aquáticas são possíveis fontes naturais de exposição ao chumbo. A mineração, fundição dos minérios de chumbo, incineração de resíduos, combustão de carvão e óleo, queimadas são possíveis fontes de exposição humana a esse metal. pois utilizam esse metal como matéria prima para a fabricação de utensílios, máquinas e outros elementos. A indústria e agricultura também contribuem no aumento dessa exposição (ATSDR, 2007; ROCHA et al., 2017; LEDA et al., 2018). Algumas fontes antropogênicas foram banidas ou controladas, em vários países como o uso do chumbo na gasolina, tintas, soldas e em munições (ATSDR, 2007).

#### **7.4.4. Toxicocinética**

- Absorção

Em geral, a exposição ao chumbo ocorre através de via oral e, em menor parte, por via respiratória. No entanto, em exposições ocupacionais a principal via é a respiratória. O chumbo

inorgânico no ar ambiente consiste em aerossóis de partículas que podem ser depositados no trato respiratório quando os aerossóis são inalados. A absorção do chumbo depositado, assim como em outros metais, é influenciada pelo tamanho e solubilidade das partículas, bem como pelo padrão de deposição regional dentro do trato respiratório. Partículas maiores ( $> 2,5 \mu\text{m}$ ) que são depositadas nas regiões nasofaríngea e traqueobrônquica podem ser transferidas pelo transporte mucociliar para o esôfago e deglutidas. Partículas menores ( $<1 \mu\text{m}$ ), que podem ser depositadas na região alveolar, sendo rapidamente absorvidas independente da forma química (ATSDR, 2007).

A absorção gastrointestinal, em crianças, é aproximadamente três vezes maior que em adultos. Em períodos de jejum, a taxa de absorção de chumbo é muito maior do que quando ingerido com alimentos. Na coexistência de deficiência de ferro e exposição ao chumbo, a anemia se torna mais severa (FAN et al., 2014; ROCHA et al., 2017). O metabolismo do cálcio desempenha um papel na toxicidade do chumbo e, assim, sugere-se que os polimorfismos do receptor da vitamina D modulem a associação entre o chumbo e os efeitos a saúde (JHUN et al., 2015).

A exposição via dérmica é pouco comum quando comparadas as vias orais e respiratórias. No entanto, a contaminação das mãos por chumbo pode contribuir na exposição oral, principalmente em crianças (ATSDR, 2007).

- Distribuição

O chumbo é distribuído no sangue, ossos e tecidos moles. As concentrações de chumbo no sangue variam consideravelmente com a idade, estado fisiológico (por exemplo, gravidez, lactação, menopausa) e vários fatores que afetam a exposição ao chumbo. A meia-vida excretora de chumbo no sangue, em humanos adultos, é de aproximadamente 30 dias (ATSDR, 2007). No sangue, cerca de 99% do Pb encontra-se nos eritrócitos e o restante no plasma (ATSDR, 2007; ROCHA et al., 2017).

O sangue representa exposição mais recente ao chumbo oriundo de exposições, bem como àquele acumulado nos ossos. Corresponde a cerca de 94% da carga corpórea em adultos e 73% nas crianças. Como o tempo de meia vida do chumbo nos ossos é longa, mesmo cessada a exposição, o metal ainda permanece armazenado no organismo. O chumbo não é distribuído uniformemente no osso. O chumbo se acumulará nas regiões do osso submetidas à calcificação mais ativa no momento da exposição. Durante a infância, a calcificação óssea é mais ativa no osso trabecular, enquanto na idade adulta, a calcificação ocorre em locais de remodelação no

osso cortical e trabecular. Há relatos de acúmulo de chumbo em tecidos moles, porém esses estudos são antigos (ATSDR, 2007, POWER et al., 2014).

Além da contribuição materna durante a gravidez através da migração do chumbo dos ossos para o sangue e com conseqüente passagem placentária, o chumbo também pode ser transferido para bebês durante a amamentação. E essas concentrações, em geral, variam de acordo com a exposição. Em áreas rurais tendem a cair. No entanto, em área urbana esse valor tende a se elevar (NASCIMENTO et al., 2006, ETTINGER et al., 2014).

- **Metabolismo**

O metabolismo de chumbo inorgânico consiste na formação de complexos com uma variedade de ligantes proteicos e não proteicos. Os principais ligantes extracelulares são as sulfidrilas. O principal ligando intracelular nos glóbulos vermelhos é a ALAD. O chumbo também forma complexos com proteínas no núcleo da célula e no citosol (ATSDR 2007).

Os compostos alquílicos são metabolizados no fígado por desalquilação oxidativa catalisada pelo citocromo P-450. Estudos de monitoramento ocupacional de trabalhadores que foram expostos ao chumbo tetraetila mostraram que o chumbo tetraetila é excretado na urina como chumbo dietílico, chumbo etílico e chumbo inorgânico. Os metabólitos de triálquila de chumbo foram encontrados no fígado, rim e cérebro após a exposição aos compostos de tetraalquila nos trabalhadores; esses metabólitos também foram detectados em tecido cerebral de indivíduos não ocupacionais (ATSDR 2007).

- **Eliminação e excreção**

A eliminação do chumbo no organismo é extremamente lenta e ocorre principalmente pela urina e fezes. O sangue e alguns órgãos parenquimatosos possuem eliminação mais rápida de duas a três semanas. Cerca de 60% do chumbo absorvido permanecem no organismo, enquanto que o restante é excretado. A excreção renal ocorre quase exclusivamente por filtração glomerular. As rotas menores de excreção são a eliminação pela pele, através do suor e da descamação, queda de cabelos, unhas, somando cerca de 5% do total da excreção. A concentração de chumbo excretado no leite materno pode variar de 10 a 30% (ATSDR 2007; KOYASHIKI et al., 2010; ROCHA et al., 2017).

#### 7.4.5. Toxicodinâmica

- Sistema Nervoso

Os efeitos neurotóxicos dos metais também estão bem documentados, especialmente para chumbo, com numerosos relatos de alterações neurocomportamentais após exposição ocupacional e de efeitos no desenvolvimento em crianças com exposição pré ou pós-natal (DE BURBURE et al., 2006).

Dentro do cérebro, o dano induzido por chumbo no córtex cerebral pré-frontal, hipocampo e cerebelo pode levar a uma variedade de distúrbios neurológicos, como danos cerebrais, retardo mental, problemas comportamentais, danos nos nervos e possivelmente doença de Alzheimer, Parkinson e esquizofrenia (LIU et al., 2013).

Em estudo realizado com 584 mulheres que vivem em Massachusetts, quantificou a exposição a chumbo através do uso de biomarcadores de exposição. Foram avaliados testes cognitivos (aprendizado, memória, função executiva e atenção). Os testes mostraram haver um maior declínio cognitivo com o aumento das concentrações de chumbo na tíbia, uma medida de exposição acumulada a longo prazo (POWER et al., 2014).

- Sistema Respiratório

Uma pesquisa realizada por Jurdziak e colaboradores (2015), objetivou-se avaliar parâmetros espirométricos selecionados em 69 homens ocupacionalmente expostos ao chumbo e sem problemas de saúde evidentes. A exposição ocupacional ao chumbo foi caracterizada pela estimativa da concentração de chumbo no sangue e da concentração sérica de zinco protoporfirina (ZPP). A função do sistema respiratório foi analisada por meio da análise espirométrica, com avaliação dos parâmetros básicos: capacidade vital forçada, volume expiratório forçado, índice de Tiffeneau e pico de fluxo expiratório. Concluíram, nesse estudo, que pessoas ocupacionalmente expostas ao chumbo e com concentração elevada de chumbo no sangue e concentração sérica de ZPP manifestaram a função prejudicada do sistema respiratório, a qual foi avaliada através de parâmetros da espirometria.

- Sistema Renal

Um dos sinais precoces de disfunção renal causado por chumbo é a diminuição da taxa de filtração glomerular mesmo em baixos níveis desse metal no organismo, podendo resultar em hipertensão (DE BURBURE et al., 2006).

Uma característica histológica da nefrotoxicidade do chumbo é a formação de corpos de inclusão intranucleares no túbulo proximal renal. O chumbo também se liga à metalotioneína, mas não parece ser um indutor significativo da proteína em comparação com os indutores de cádmio e zinco. A exposição ao chumbo também parece produzir um estresse oxidativo de origem desconhecida. As respostas secundárias ao estresse oxidativo induzido por chumbo incluem a indução de óxido nítrico sintase e glutathione S-transferase (ATSDR, 2007).

- Sistema Reprodutor

Muitos íons metálicos como chumbo exercem uma ampla variedade de efeitos adversos em vários estágios, começando na vida fetal, durante o desenvolvimento inicial ou maturidade, isso inclui influência na fertilidade masculina ou feminina, abortos espontâneos, retardo de crescimento intra-uterino, malformações, defeitos congênitos, morte pós-natal, déficits de aprendizado e de comportamento e envelhecimento prematuro. Tempo e duração da exposição, sua distribuição e acumulação em vários órgãos influenciam nos efeitos produzidos por esse metal no organismo. Períodos neo e pós-natal possui uma alta sensibilidade quanto a essas exposições (APOSTOLI e CATALANI, 2011).

Segundo Souza e colaboradores (2014), os dados disponíveis sobre os efeitos do chumbo no sistema reprodutor masculino em humanos apoiam uma conclusão experimental de que os efeitos sobre os testículos, incluindo contagem reduzida de espermatozoides e redução na motilidade, podem estar associados a exposição crônica com níveis de Pb-S de 40 a 50  $\mu\text{g dL}^{-1}$ .

Um estudo realizado com 30 mulheres nascidas e vivendo em Taranto (Itália) e outras 30 mulheres residentes em áreas rurais não contaminadas observou que as concentrações de Pb (e três outros metais) nos fluídos foliculares do grupo exposto foram maiores quando comparados ao grupo controle. Assim, os autores concluíram que a diminuição da produção de estradiol e diminuição do número de oócitos maduros encontrados em mulheres expostas podem ser devido à exposição crônica a metais, em especial Cr e Pb (CAVALLINI et al., 2016).



- Sistema Cardiovascular

O chumbo afeta importantes sistemas hormonais e neurais que contribuem para a regulação da resistência vascular periférica, frequência cardíaca e débito cardíaco. A hipertensão induzida por chumbo também está associada a anormalidades no sistema adrenérgico, incluindo aumento da atividade do sistema nervoso simpático central, elevação da noradrenalina plasmática e diminuição da densidade de receptores  $\beta$ -adrenérgicos vasculares. A exposição crônica ao chumbo também ativa o sistema renina-angiotensina-aldosterona, através da estimulação do sistema nervoso simpático. A exposição crônica ao chumbo eleva a atividade da renina plasmática, a enzima de conversão da angiotensina e a concentração plasmática de aldosterona. A hipertensão induzida por chumbo também está associada a alterações na regulação do sistema calicreína-cinina e na produção de hormônios vasodilatadores associados e alterações na produção de prostaglandinas renais (ATSDR, 2007).

Segundo Chien-Chou e colaboradores (2013), estudos populacionais em geral revelaram uma associação positiva entre a exposição ao chumbo e eventos cardiovasculares, incluindo doenças arteriais periféricas e mortalidade de doença cardíaca coronária e acidente vascular cerebral, a baixas concentrações de chumbo no sangue ( $<5 \mu\text{g dL}^{-1}$ ).

Mcelvenny et al (2015) encontraram significância estatística entre doenças cardiovasculares e chumbo em sangue de trabalhadores expostos, variando de uma hipertensão sistêmica a uma isquemia.

- Sistema Hematológico

Os efeitos do chumbo no sistema hematopoiético incluem aumento das porfirinas urinárias, coproporfirinas, ALA, EP, FEP, ZPP e anemia. O chumbo interfere na biossíntese do heme alterando a atividade de três enzimas: ALAS, ALAD e ferroquelatase. O chumbo indiretamente estimula a enzima mitocondrial ALAS, que catalisa a condensação da glicina e da succinil-coenzima A para formar o ALA. O chumbo inibe a enzima citosólica contendo zinco ALAD, que catalisa a condensação de duas unidades de ALA para formar o porfobilinogênio. Esta inibição é não competitiva e ocorre através da ligação do chumbo as sulfidrilas no local ativo da ALAD. O chumbo diminui de maneira não competitiva a atividade da enzima ferroquelatase mitocondrial contendo zinco, que catalisa a inserção de ferro no anel de protoporfirina para formar heme. Algumas outras enzimas da via da síntese do heme contêm grupos sulfidrilas únicos nos seus locais ativos e não são tão sensíveis à inibição pelo chumbo como a ALAD e a ferroquelatase. A inibição de chumbo da ferroquelatase resulta numa

acumulação de protoporfirina, que está presente nos eritrócitos circulantes como ZPP, devido à colocação de zinco, em vez de ferro, na porção porfirina. A produção renal inadequada de eritropoietina devido a dano renal, levando à maturação precoce das células progenitoras eritóides, também tem sido sugerida como um mecanismo que contribui para a anemia induzida por chumbo. Uma relação dose-efeito inversa entre a exposição ao chumbo e o conteúdo de P-450 dos microsomas hepáticos e também a atividade das oxigenases microsossomais de função mista foi observada. O aumento da duração da exposição ao chumbo foi associado à diminuição do conteúdo microsossomal de P-450 e à diminuição do conteúdo de heme microsossomal (ATSDR, 2007; ORTEGA et al., 2013, KIRA, 2014).

Uma amostra representativa de 400 crianças e adolescentes (6 a 18 anos) do Cairo (Egito) expostas ao chumbo recrutadas de 4 grupos distintos foi estudada. Níveis de chumbo no sangue e concentrações de hemoglobina foram medidos. Um dos grupos estudados foi o de crianças envolvidas em oficinas de cerâmicas, esse grupo apresentou os maiores valores de chumbo no sangue e os menores valores de hemoglobina ( $43,3 \mu\text{g dL}^{-1}$  e  $8,6 \mu\text{g dL}^{-1}$ , respectivamente). O valor médio do chumbo ambiental nessa área excedeu os níveis recomendados (MOAWAD et al., 2016).

- Sistema Imunológico

Um estudo investigou a concentração de chumbo (Pb) e outros metais em amostras de cabelo e suas associações com os indicadores imunológicos, incluindo leucócitos, contagem de linfócitos e monócitos e níveis de imunoglobulina (Ig) em 133 homens de uma fábrica de trióxido de antimônio, duas fábricas de vidro e duas fábricas de plásticos. Obtendo uma concentração média de chumbo de  $0,91$  (DP =  $0,22$ )  $\mu\text{g g}^{-1}$ . A análise de correlação de Spearman mostrou uma relação positiva entre a contagem de monócitos e os níveis de Pb no cabelo (WU et al., 2018).

- Carcinogenicidade

O chumbo é, desde 2006, considerado pela International Agency for Research on Cancer (IARC) uma substância carcinogénica do grupo 2A (provável carcinogénico para humanos).

- Diretrizes e Recomendações

As Resoluções Brasileiras e Portarias que estabelecem valores máximos permitidos de chumbo em amostras ambientais são: CONAMA 460/2013 (solo e subsolo: valor de prevenção =  $72 \text{ Kg}^{-1}$ ), PORTARIA 2914/2011 (atual Portaria de Consolidação N°5 de 28 de setembro de 2017 = água potável: padrão de potabilidade =  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ), CONAMA 396/2008 (água subterrânea =  $10 \mu\text{g L}^{-1}$ ), CONAMA 430/2011 (águas doces - classes 1 =  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ , águas salinas - classe 1 =  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ , águas salobras - classe 1 =  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ).

## 8. AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

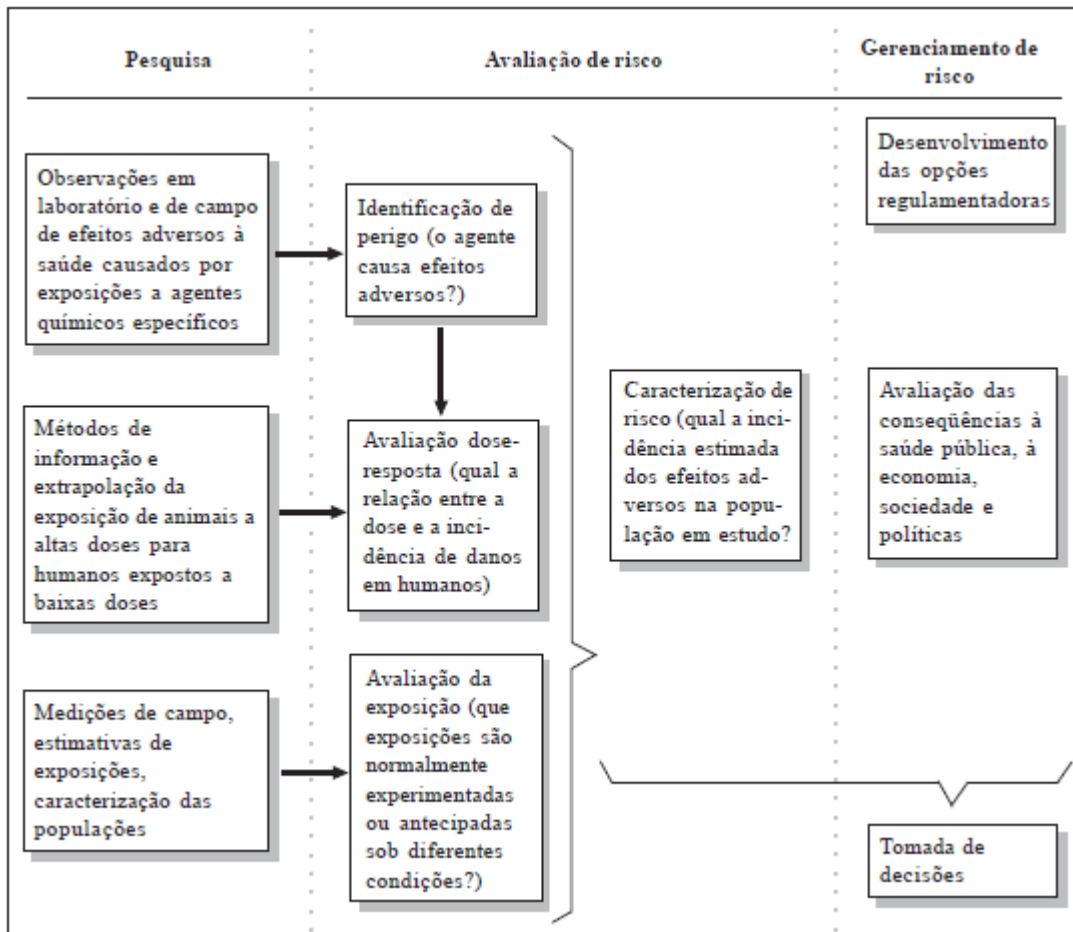
A crescente atividade industrial e a ausência de programas eficazes de gestão de resíduos fazem com que cada vez mais resíduos sejam gerados sem que haja uma correta utilização ou disposição destes no meio ambiente. Dando origem, portanto, a um passivo ambiental que compromete a qualidade de vida, principalmente, dos indivíduos que moram próximas a esses depósitos, como é o caso do Condomínio Volta Grande IV.

A avaliação de riscos é uma importante ferramenta que tem como o objetivo auxiliar os processos de tomada de decisão, de controle e prevenção da exposição de populações e indivíduos aos agentes perigosos à saúde que estão presentes no meio ambiente. Trata-se de uma etapa do processo de gerenciamento de áreas contaminadas que possibilita avaliar e estimar o potencial de danos com base na exposição a determinados agentes tóxicos presentes no meio físico (solo, sedimento, água subterrânea, água superficial e ar). A viabilidade de relacionar os dados ambientais e os de saúde torna-se fundamental para a compreensão das interações entre os níveis de exposição aos agentes e os efeitos sobre saúde (NBR 16029, 2013; PORFÍRIO et al., 2014).

Uma vez que em área adjacente ao Condomínio Volta Grande IV exista a deposição inadequada de resíduos industriais, o uso de indicadores biológicos e ambientais foram necessários para melhor mensurar possíveis riscos à saúde dos indivíduos que lá residem. Dessa forma, a metodologia de avaliação de risco foi utilizada para caracterizar a natureza e magnitude dos riscos dos metais oriundos desses resíduos à saúde humana.

Segundo a NBR 16209 (2013), dentre as etapas do processo de avaliação de risco à saúde humana encontram-se: Coleta, avaliação e validação dos dados; avaliação da exposição, análise de toxicidade, caracterização do risco e análise de incerteza (a quantificação do grau de incerteza da avaliação de risco não é obrigatório). Algumas das etapas estão contempladas na Figura 3.

Figura 3: Etapas da avaliação e gerenciamento de riscos



Fonte: FREITAS, 2002 (adaptado).

- Coleta, avaliação e validação de dados

Essa etapa envolve a compilação e validação de todas as informações relevantes para o desenvolvimento de um modelo conceitual de exposição (MCE) da área de interesse, bem como a identificação dos dados básicos para a quantificação das doses de ingresso das substâncias químicas de interesse.

Avalia, também, as informações relacionadas às propriedades tóxicas inerentes a cada substância ou o potencial para causar dano biológico, doença ou óbito, sob certas condições de exposição. Dessa forma, pode-se incluir a caracterização do comportamento de uma substância dentro do corpo e as interações que a mesma tem com órgãos, células ou componentes celulares (toxicocinética) (KLAASSEN, 2008).

Os dados necessários para compor a avaliação de risco são obtidos a partir de quatro fontes principais, sendo essas: estudos epidemiológicos; estudos de correlação, nos quais as diferenças nas taxas de doença em populações humanas estão associadas a diferenças de condições ambientais; informes de casos relatados por equipes de saúde; e resumo dos sintomas informados pelas próprias pessoas expostas (KLAASSEN, 2008).

As provas oriundas de estudos experimentais em animais e os resultados de estudos epidemiológicos constituem as principais fontes de dados sobre toxicidade. No entanto, apresentam dificuldades interpretativas bastante sutis e controversas. No tocante aos estudos de laboratório, embora se possa ter maior controle das variáveis, há o fato de não se tratar da espécie humana. Os estudos epidemiológicos tratam-se, de situações reais de exposição de seres humanos, porém existem problemas como a variabilidade genética e o não controle de todas as variáveis (FREITAS, 2002).

- Avaliação de exposição

A segunda etapa no processo de avaliação de exposição consiste em determinar o tipo, a magnitude e a frequência da exposição humana às substâncias químicas que estão presentes no meio físico, associados a um dado evento de exposição atual e/ou futuro. Tal exposição pode se estender por horas, dias, anos ou ser um evento isolado. A exposição pode ser direta ou indireta. Considera-se direta quando o indivíduo está diretamente em contato com o compartimento do meio físico contaminado ou com a fonte primária de contaminação, e a indireta quando a substância química atinge o indivíduo através de outros compartimentos do meio físico que não o contaminado. Essa etapa pode ser dividida em: caracterização dos cenários de exposição e quantificação do ingresso. A caracterização dos cenários de exposição caracteriza-se por definir todos os caminhos pelos quais a contaminação se desloca a partir da fonte primária e chega a uma população potencialmente exposta. A quantificação do ingresso é definida pela fração da substância química que está na interface de contato com o organismo exposto e disponível para absorção (NBR 16029, 2013).

As medições e estimativas da exposição de seres humanos em contato com substâncias químicas, constituem método padrão utilizado para determinar os níveis de exposições de determinadas populações sob determinadas condições. A exposição é definida como o contato que uma pessoa tem ao(s) agente(s) (químicos, físicos ou biológicos) durante determinado período de tempo. A avaliação da exposição envolve a determinação ou estimativa da fonte, do tipo, da magnitude, da frequência, da duração do contato com o agente químico de interesse, da

quantidade de pessoas expostas e a identificação das vias de exposição. Os dados de exposição são, geralmente, identificados como a principal área de incerteza de toda a determinação do risco. O objetivo da avaliação de exposição não é apenas determinar o tipo e quantidade do agente químico, mas também a quantidade desse agente que pode alcançar os tecidos-alvo. A determinação das vias de exposição é relevante para o cenário de risco sob investigação (FREITAS, 2002; KLAASSEN, 2008; PORFÍRIO et al., 2014).

O monitoramento ambiental pode ser aplicado na avaliação dos níveis de exposição e suas variações ao longo do tempo, identificação das fontes específicas de contaminação e monitoramento da eficácia das medidas de controle adotadas. Pode também ser usado para manter os níveis de exposição em valores aceitáveis assim como obter dados para as relações exposição/efeito e exposição/resposta (PIVETTA et al., 2001; CARVALHO et al.; 2017).

O monitoramento biológico (MB) é a medição repetida e controlada de substâncias químicas, ou de seus metabólitos, em tecidos, secreções, excreções, ar expirado, conduzidas para avaliar exposições e riscos à saúde, comparadas com referências apropriadas, que são os limites biológicos de exposição. Para isso, são utilizados indicadores de dose interna (biomarcadores), também denominados de indicadores de exposição por apresentar uma correlação significativa com a exposição, estão relacionados com a biodisponibilidade do agente químico e podem refletir a dose da substância no sítio de ação, a dose armazenada em um ou vários compartimentos ou aquela recentemente absorvida (PIVETTA et al., 2001; MANNO et al., 2010; CARVALHO et al.; 2017; APEL et al.; 2017).

- **Análise de Toxicidade**

Consiste na seleção de dados toxicológicos relativos às substâncias químicas, de modo a possibilitar a interpretação dos possíveis efeitos adversos à saúde humana associados a um evento de exposição. Na identificação dos efeitos adversos à saúde, inicialmente a substância química deve ser caracterizada quanto aos seus efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos, com base nas evidências. Devem também ser reportados, os principais efeitos deletérios da substância (as) química (s) estuda(s). Para as substâncias carcinogênicas não há, teoricamente, um nível de exposição que seja isento de risco, enquanto para as substâncias não carcinogênicas há uma concentração abaixo da qual os efeitos adversos não são esperados (NBR 16029, 2013).

O levantamento de dados de dose-resposta é o processo de análise das informações toxicológicas e a caracterização da relação entre a dose do contaminante administrado ou recebido e a incidência de efeitos adversos à saúde da população exposta (NBR 16029, 2013).

Os estudos dose-resposta, em geral, são obtidos a partir de estudos em animais. A relação dose-resposta descreve as respostas individuais em relação à magnitude da dose para um período específico de exposição. No entanto, alguns problemas devem ser levados em consideração: 1) geralmente, os animais em estudos experimentais estão expostos a doses altas e os efeitos a doses baixas em humanos devem ser previstos; 2) os animais e os seres humanos freqüentemente diferem em suscetibilidade, ao menos em diferença de tamanho e metabolismo; e 3) a população humana é muito heterogênea (FREITAS, 2002; AZEVEDO e CHASIN, 2003).

As respostas tóxicas podem ser de vários tipos, independente do órgão ou do sistema afetados. Em alguns casos, a gravidade do dano aumenta com o aumento da dose, tendo, portanto, um efeito proporcional à dose. Em outros casos, pode-se chegar à um nível de dose onde não se observe nenhum efeito ou no qual existam somente alterações bioquímicas que não produzam efeitos adversos conhecidos. No entanto, ainda existe a possibilidade da gravidade do efeito não aumentar com a dose. Nesta etapa, o pressuposto básico é que a cada nível de dose corresponderá determinada resposta ou efeito do organismo. Assim, estabelecer os níveis críticos encontrados na literatura para estimar os riscos a partir dos dados das situações reais de exposição é passo fundamental (FREITAS, 2002; AZEVEDO e CHASIN, 2003).

- Caracterização do risco

O processo de caracterização do risco inclui a análise integrada dos resultados mais importantes da avaliação de riscos. Essa análise integra e reúne as informações das etapas de identificação de perigo, da avaliação da relação dose-resposta e da avaliação de exposição, para fazer estimativas do risco para os cenários de exposição de interesse. Apresenta, por fim, o perfil qualitativo e ou quantitativo do excesso de risco em seres humanos provocados pela exposição a substâncias tóxicas. No entanto, os resultados de ensaios que utilizam médias e desvios padrão para medir a variação ignoram a variabilidade na resposta em função da idade, sexo, estado de saúde e genética. É importante observar que a caracterização do risco é etapa absolutamente necessária na geração de qualquer relatório sobre risco, que será usado de forma preliminar para dar suporte às decisões reguladoras (FREITAS, 2002; KLAASSEN, 2008, NBR 16029, 2013).



## 9. METODOLOGIA

### Desenho do estudo

Foi realizado um estudo transversal com população adulta residente em um condomínio situado na cidade de Volta Redonda, RJ, no período de julho de 2016 a novembro de 2017, em quatro campanhas. A primeira (projeto piloto) aconteceu em julho de 2016, segunda em novembro de 2016, a terceira em maio de 2017 e a quarta em novembro de 2017.

### Área de estudo

O estudo foi realizado no Condomínio Habitacional Volta Grande IV, localizado no bairro Santo Agostinho, no município de Volta Redonda, região Sul Fluminense (Figuras 4 e 5).

Figura 4: Mapa de localização da área de estudo

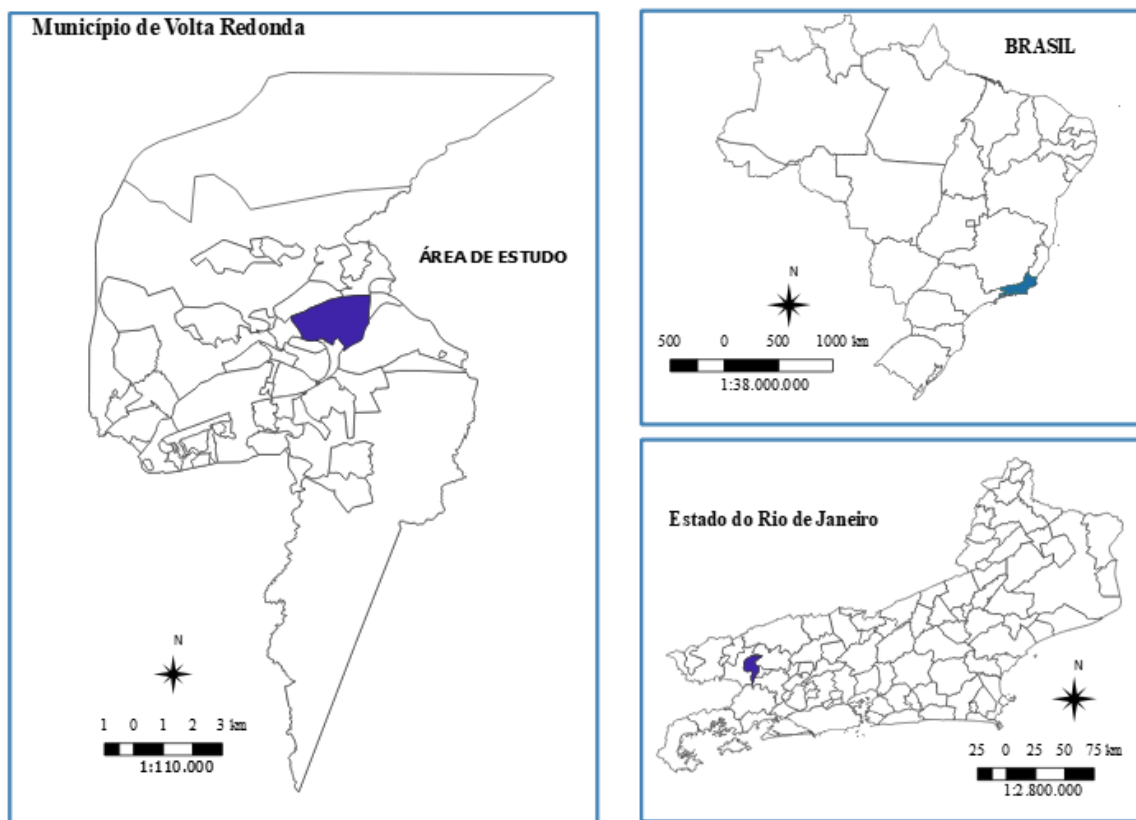
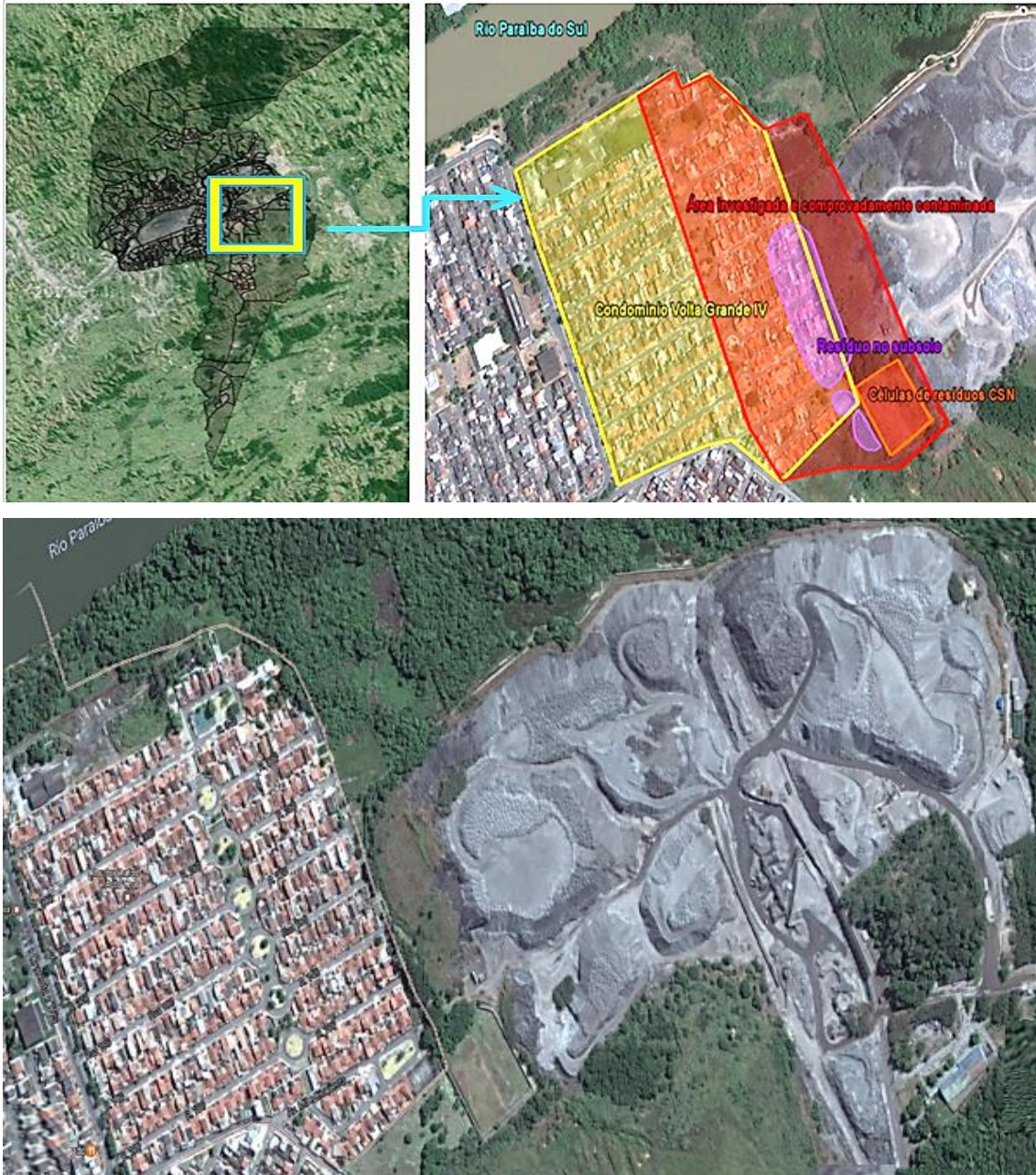


Figura 5: Condomínio Volta Grande IV e depósito de escória.



Fontes: Google Earth e Instituto Estadual do Ambiente - INEA

## **População de estudo**

A tese é parte de um estudo maior intitulado “Impacto causado por resíduos industriais à saúde da população residente no Condomínio Habitacional de Volta Redonda, RJ”, que contemplará cerca de 400 participantes. Dentre esses, 133 participaram desta tese. Os demais ainda serão abordados ao longo do projeto.

Os voluntários foram selecionados de forma aleatória simples, ou seja, a seleção dos elementos da amostra consistiu num sorteio realizado juntamente com a população em uma das reuniões. Os indivíduos que foram sorteados, mas não compareceram à reunião, foram abordados, em suas residências, por meio da visita de representantes da Secretaria Municipal de Saúde de Volta Redonda, os quais tiravam dúvidas e agendavam a ida desses voluntários, em dias específicos, até a Unidade Básica de Saúde da Família (UBSF) Volta Grande Gothardo Firmino Netto, localizada no bairro Santo Agostinho. Os indivíduos que compareceram à Unidade Básica e concordaram em participar da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e responderam a um questionário. Quanto à coleta das amostras ambientais (poeira doméstica e água de torneira), essas também foram sorteadas em outra reunião. A cada ida à campo, a equipe também sanava dúvidas da população em relação ao projeto e os informava sobre a importância do estudo para os residentes do condomínio. Além disso, para uma melhor aceitação da população, foi solicitado o apoio por parte dos representantes da Associação de Moradores do Condomínio Volta Grande IV. O projeto foi divulgado por meio de imprensa (televisão, rádio e meio digital) e reuniões locais. Foram também elaborados boletins (informativos) por parte da equipe da FIOCRUZ.

## **Crítérios de amostragem**

A amostragem do Projeto “Impacto causado por resíduos industriais à saúde da população residente no Condomínio Habitacional de Volta Redonda, RJ”, o qual este trabalho faz parte foi realizada por conglomerados (8 blocos), nos quais foram sorteados, de forma aleatória simples, 356 imóveis (aproximadamente 44 por bloco) para composição dos elementos da amostra. No entanto, o n contemplado nesse estudo foi de 133 indivíduos uma vez que o projeto base ainda está em andamento.

A amostragem dos indicadores ambientais (água de torneira e poeira doméstica), também foi realizada por meio de sorteio. Em casos de recusa ou ausência (após três tentativas de contato), essas residências foram substituídas utilizando o seguinte critério: 1ª substituição-

casa a esquerda, 2ª substituição- casa a direita, 3ª substituição- 2ª casa a esquerda, 4ª substituição- 2ª casa a direita.

### **Critérios de seleção da população**

#### *Critério de inclusão*

1. População residente no Condomínio Volta Grande IV.

#### *Critérios de exclusão*

1. Pessoas com idade inferior a 18 anos;
2. Residir há menos de 6 meses no Condomínio Volta Grande IV;
3. Indivíduos que não possuíam autonomia para responder ao questionário.

### **Critérios de seleção dos imóveis**

A seleção das casas do Projeto “Impacto causado por resíduos industriais à saúde da população residente no Condomínio Habitacional de Volta Redonda, RJ”, do qual este trabalho faz parte, foi realizada por conglomerados (8 blocos), nos quais foram sorteados, de forma aleatória simples, 200 imóveis para composição dos elementos da amostra. Em caso de recusa ou ausência (após três tentativas de contato), essas residências foram substituídas utilizando o seguinte critério: 1ª substituição- casa a esquerda, 2ª substituição- casa a direita, 3ª substituição- 2ª casa a esquerda, 4ª substituição- 2ª casa a direita.

### **Coleta de dados**

Os participantes da pesquisa responderam a dois questionários por meio de entrevista individualizada, um questionário clínico e outro, ambiental.

O objetivo do questionário clínico foi verificar a presença ou o histórico de doenças dos indivíduos selecionados na pesquisa. Essa entrevista foi realizada por médicos vinculados à Unidade Básica de Saúde da Família (UBSF) Volta Grande Gothardo Firmino Netto.

O questionário ambiental teve como objetivo traçar o perfil sócio-ambiental da população local. Esse questionário foi composto por módulos sobre os seguintes segmentos:

- ✓ Identificação e controle: nome do entrevistado, endereço, telefone e endereço eletrônico;

- ✓ Dados gerais: sexo, data de nascimento, idade, estado civil, escolaridade e informações sobre moradia, informações sobre contato com o solo e saneamento;
- ✓ Hábitos de vida: informações sobre tabagismo, etilismo, consumo de alimentos provenientes na região (frutas, legumes e verduras), drogação;
- ✓ Dados laborais: tipo de trabalho atual e já desempenhado;
- ✓ Sinais e sintomas: sinais e sintomas possíveis de exposição a metais. Esses itens foram comparados às respostas obtidas através do questionário clínico.

Após a realização da entrevista, cada participante da pesquisa recebeu um código de controle institucional, usado como identificação no questionário e nas amostras biológicas.

## **Coleta e conservação das amostras**

### ***Amostras ambientais***

A amostragem ambiental foi realizada ao longo dos anos de 2016 e 2017, em quatro campanhas, sendo a primeira considerada como um projeto piloto. Os indicadores ambientais utilizados foram o ar atmosférico, água da torneira e poeira doméstica. Entretanto, a amostragem da água de torneira e poeira doméstica foi realizada por meio de novo sorteio de casas.

- **Ar atmosférico**

Vinte e uma amostras de ar atmosférico foram coletadas em pontos fixos (Blocos 180, 220, 225 e 340) no Condomínio Volta Grande IV. A primeira campanha (projeto piloto) coletou oito amostras, a segunda, sete, e a terceira, seis. A metodologia contemplava duas amostragens por ponto em cada campanha, de modo que a bomba funcionasse por 4 horas e, posteriormente, com outro filtro, por mais quatro horas. No entanto, uma das bombas na segunda campanha apresentou problemas técnicos por um turno (4 horas). Na terceira campanha, também uma das bombas não funcionou, sendo inviabilizada a coleta em um dos pontos.

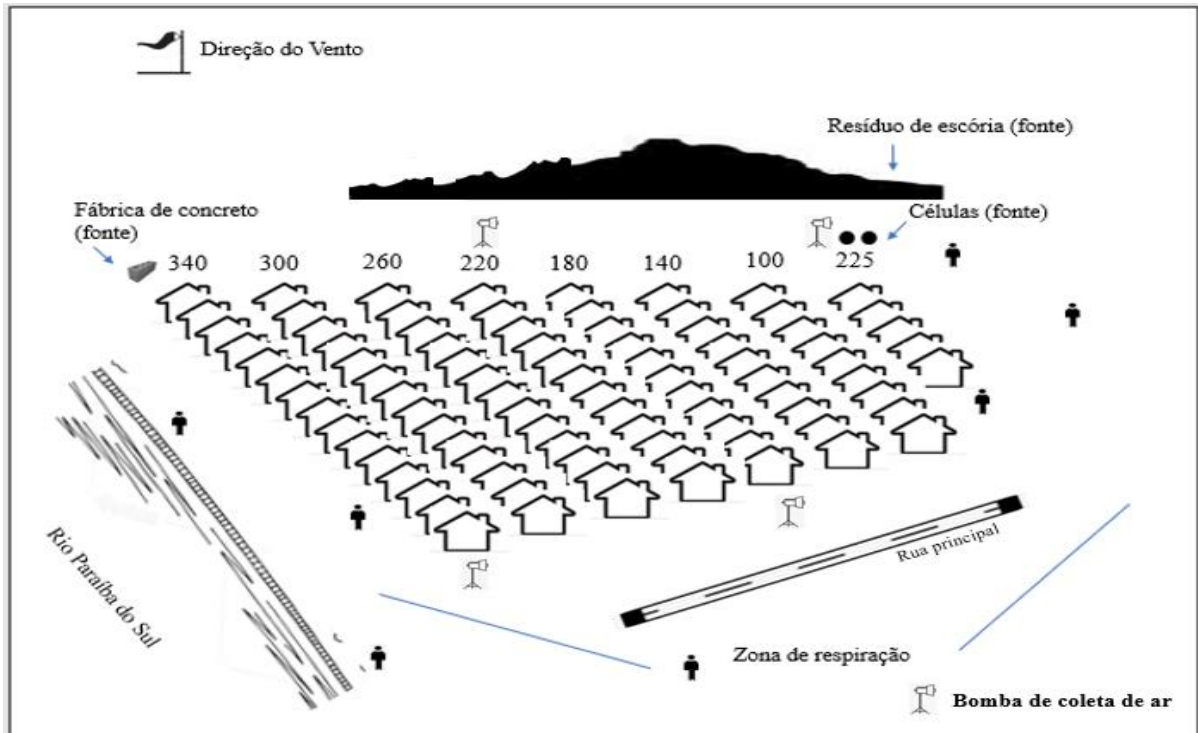
No caso da avaliação do ar atmosférico, a escolha dos pontos de coleta obedeceu às normas estabelecidas pela U.S.EPA, que se aplica na amostragem do ar em ambientes externos com fonte de emissão estacionária. Desta forma, algumas recomendações foram observadas tais como altura ideal, meteorologia, dispersão e deposição do metal.

O ar atmosférico foi coletado usando bombas de alto volume da marca Sibata, modelo HVC 500, com um fluxo de 500 L min<sup>-1</sup> e filtros de fibra de vidro da marca Sibata, com 110 mm de



diâmetro e poro de 0,8  $\mu\text{m}$ , sem resina ligante, por um período de 4 horas, colocadas a 2 metros de altura. Os amostradores foram colocados nos blocos 180 e 340 (próximos a avenida principal) e nos blocos 220 e 225 (na parte interior do condomínio), conforme pode ser visto na Figura 6.

Figura 6: Pontos de amostragem de coleta de ar atmosférico no Condomínio Volta Grande IV.



Fonte: Elaborado pela autora.

As amostras foram digeridas em solução de  $\text{HNO}_3$  concentrado (3mL + 27 mL de água deionizada) a 65°C, por um período de 2 horas. Posteriormente, filtradas a vácuo através do filtro da marca WHATMAN (GR 40 125 mm EMB) em funil Büchner e avolumadas para 50 mL em tubos de polipropileno para posterior leitura por ICP MS.

Assim como os outros indicadores, o ar atmosférico também foi coletado em quatro campanhas. Entretanto, não foi possível realizar a leitura de todas as amostras até o fechamento dessa tese devido a problemas técnicos relacionados ao equipamento.

- Água de torneira

Um total de 90 amostras de água torneira foi coletado nas residências do condomínio Volta Grande IV. Desse total, 17 se referem ao projeto piloto, enquanto que 26 (2ª), 23 (3ª) e 24 (4ª) amostras foram alcançadas nas campanhas subsequentes.

Todo o procedimento levou em consideração os devidos cuidados essenciais à análise de traços, evitando-se contaminações, durante a coleta ou armazenamento destas amostras. Assim, anteriormente à coleta, o frasco de polietileno descontaminado (500 mL) foi enxaguado e, posteriormente, deixado que a água da torneira fluísse por 3 minutos antes da coleta (ZOTA et al., 2016). Os frascos foram mantidos sob refrigeração até o momento da análise. As amostras coletadas foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e identificadas com o endereço e data da coleta, sendo, então, transportadas para o Setor de Metais, do Laboratório de Toxicologia do CESTE/ENSP/FIOCRUZ, onde foram analisadas por ICP MS.

- Poeira doméstica

Foram coletadas 244 amostras (n=81 casas) de poeira doméstica nas residências do Condomínio Volta Grande IV (1ª campanha: n= 47; 2ª campanha: n= 76; 3ª campanha: n= 69; 4ª campanha: n= 52). A amostragem foi realizada em ambientes considerados internos (sofá, rack, estante, escrivaninha) e em ambientes externos ao domicílio (mesa externa, armário externo, bancada externa). Em cada domicílio, as coletas foram executadas em triplicata. Em virtude de saturação do filtro, em uma das residências foi coletada mais uma amostra.

Para a coleta de poeira foi utilizada a metodologia adotada por Quitério e colaboradores (2001). A amostragem foi realizada em locais onde a poeira se acumula, ou seja, em capachos na entrada da casa, sofás, racks, cortinas, tapetes. Foi utilizado um gabarito com área 30 cm X 30 cm para padronizar a medição. Assim, foi utilizado um sistema composto de bomba aspirante portátil, modelo 224-PCXR 8, com vazão calibrada para 2,0 L min<sup>-1</sup>, suporte para filtro, filtro de éster celulose de 37 mm de diâmetro e poro de 0,8 µm, marca Millipore; tubo de látex e cassete SKC por um período de 7 minutos. As amostras foram digeridas em solução de HNO<sub>3</sub> concentrado (3mL), avolumadas à 50mL após a digestão e devidamente preparadas para a análise por ICP MS.

### *Amostras biológicas*

Os participantes doaram as amostras de sangue e urina somente após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o preencherem o questionário.

O sangue total foi coletado através de punção venosa com agulhas descartáveis e estéreis em tubos a vácuo heparinizados, 6 mL, específicos para a determinação de elementos traço. A antisepsia do local da coleta foi realizada com algodão umedecido em álcool 70%. As amostras de urina foram coletadas em frascos plásticos padronizados e previamente descontaminados, de 50 mL cada. Além disso, os indivíduos foram orientados a seguir algumas instruções para a coleta da urina, como; lavar as mãos antes da coleta, não tocar na parte interna da tampa ou do frasco e fechar o frasco, imediatamente, após a coleta. Os tubos de sangue e frascos coletores de urina foram etiquetados com número de identificação.

Técnicos de enfermagem, com experiência comprovada em coleta de sangue, vinculados à Unidade Básica de Saúde da Família (UBSF) Volta Grande Gothardo Firmino Netto coletaram as amostras de sangue entre 2017 e 2018. Posteriormente, foram acondicionadas em estantes de plásticos, em posição vertical e mantidas em caixas térmicas com gelo (aproximadamente  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) para serem transportadas ao Laboratório de Toxicologia do CESTEJH (Setor Metais), onde permaneceram congeladas até a análise. Amostras de referências e, de controle inter-laboratorial foram utilizadas para garantir a qualidade dos resultados.

### **Experimental**

Para a análise foram utilizados dois espectrômetros de absorção atômica, AA Analyst 800 e AA 900, equipado com atomizador eletrotérmico transversal, corretor de fundo Zeeman longitudinal e amostrador automático AS-800, todos Perkin-Elmer, (Norwalk, CT, USA), para a determinação dos metais nas amostras biológicas: Cd (urina), Cr (urina), Mn (sangue e urina) e Pb (sangue). Para a leitura das amostras ambientais (água de torneira, ar atmosférico e poeira doméstica), foi utilizada a espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP MS). A exatidão dos resultados foi acompanhada através da análise, em cada série de amostras, dos seguintes materiais de referência: Contox Heavy Metal Blood Control e Contox Metal Serum Control (Kaulson Laboratories, USA); Lyphochek Urine Metals Control (Bio-Rad, USA) e Toxic Metals in Freeze-Dried Urine SRM 2670.



## **Análise estatística dos resultados**

O programa estatístico SPSS for Windows versão 21.0 (Statistical Package for Social Science) foi utilizado para a análise estatística dos resultados.

As variáveis qualitativas e quantitativas, como sexo, idade, tempo em que reside na região, hábitos de vida como tabagismo e etilismo, bem como dados laborais (ocupação) foram utilizadas na caracterização da amostra. Média, média e desvio padrão foram calculados. Foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk*, a fim de se verificar se a amostra seguia uma distribuição normal. Para as amostras biológicas que não seguiram uma distribuição paramétrica foram utilizados os testes Mann-Whitney (U), Kruskal-Wallis ( $\chi^2$ ) e correlação de Spearman (rs). No entanto, para a amostra que seguiu a distribuição normal foi utilizado o teste *t* de Student (t), One-way ANOVA e correlação de Pearson (r). Foi considerado o nível de significância de 5% ( $p=0,05$ ) para as hipóteses do estudo e o intervalo de confiança de 95%.

## **Aspectos éticos**

Respeitando a Resolução Nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, o projeto de pesquisa, por envolver seres humanos, foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP/FIOCRUZ). O projeto foi aprovado sob CAAE: 34645014.2.0000.5240, com data de 30 de outubro de 2014 e registro na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP.

As informações obtidas através dessa pesquisa são confidenciais e é assegurado o sigilo sobre a participação do morador. Os dados foram codificados com número institucional (CESTEH), de forma a impossibilitar a identificação. Após o prazo de cinco anos, todos os registros da pesquisa serão destruídos. O participante recebeu uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assinado pela coordenadora do projeto o qual continha uma breve explicação do conteúdo da pesquisa, telefone e endereço institucional da coordenadora e do Comitê de Ética em Pesquisa da ENSP em caso de possíveis dúvidas.

O laudo com os resultados da determinação de cádmio, chumbo, cromo e manganês nos fluidos biológicos (sangue e/ou urina) será entregue em mãos e em envelope lacrado e a publicação dos resultados não citará, em nenhuma hipótese, nomes dos participantes do estudo. Esses laudos serão entregues no final da pesquisa.

### **Parâmetros meteorológicos**

Os dados meteorológicos como direção e velocidade dos ventos e temperatura em graus celsius foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados fornecidos foram referentes à Estação Meteorológica Ninho das Águias (Estação número 83738), localizada em Resende, RJ (cidade próxima a Volta Redonda). Foi utilizado o programa WRPLOT™ view versão 8.0.2 para a construção da rosa dos ventos.

### **Projeto Piloto**

Foi realizado um estudo piloto com o intuito de melhor conhecer a área de estudo, a população e as condições de coleta das amostras ambientais e verificar se o instrumento de coleta de dados era apropriado. Três tempos distintos foram testados para a coleta de poeira, 5, 7 e 10 minutos, enquanto que o ar atmosférico foi avaliado em 3 e 5 horas. Ainda no projeto piloto também foram definidos os locais para a coleta de ar atmosférico, mantidos ao longo das demais campanhas. No tocante aos questionários, houve a necessidade da inserção de algumas variáveis nas campanhas subsequentes.

## 10. RESULTADOS

### *Características da moradia e do Condomínio Volta Grande IV*

Fatores relativos aos domicílios e serviços de saneamento foram observados. Verificou-se que os indivíduos entrevistados possuem, em sua maioria, moradias de médio/alto padrão (estrutura com emboço, emassada e pintadas; piso cerâmico), muitas são compostas por dois pavimentos e, em geral, possuem seis cômodos. Em torno de 82,7% dos indivíduos relataram ter realizado obra com escavação com a finalidade de ampliação em suas residências (estando presentes no momento da reforma). Nove pessoas relataram haver, eventualmente, alagamento no terreno (6,8%). Uma ou duas casas em todo condomínio se mantiveram com estrutura original, essas possuem somente um quarto e são bem menores do que as demais. Poucas residências possuem quintal que permita contato direto com o solo ou plantio de verduras, legumes e frutas. No entanto, 12 indivíduos (9,0%) relataram haver tido contato pontual com o solo há pelo menos 15 anos atrás. Plantações de coco e acerola ainda são encontradas no condomínio. Embora tenha sido mencionada a presença de poços artesianos em relatórios antigos, 100% dos indivíduos afirmaram não haver mais poços no condomínio. No entanto, ainda existem placas ao longo do condomínio com a recomendação de algumas restrições, dentre elas, a de não usar água de poço (Figura 7). Além disso, existem poços, de acesso restrito da CSN, distribuídos pelo condomínio com intuito de monitoramento das águas subterrâneas, como pode ser visto na Figura 8.

Figura 7: Placa contendo recomendação de restrição de uso da área.



Figura 8: Poços de monitoramento de água subterrânea da CSN



O serviço de saneamento com abastecimento de água e rede de esgotamento sanitário é fornecido pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE/VR. A coleta pública de resíduo é realizada por empresa terceirizada.

De acordo com o levantamento realizado pela Secretaria Municipal de Saúde, o condomínio possui um total de 816 casas (algumas construídas no mesmo terreno) divididas

por oito blocos, sendo esses: Bloco 100 (108 casas), 140 (127 casas), 180 (52 casas), 220 (98 casas), 225 (52 casas), 260 (125 casas), 300 (110 casas) e 340 (144 casas).

### *Características sócio-demográficas*

Os resultados referentes às estatísticas descritivas das características sócio-demográficas da população estudada estão apresentados na Tabela 4. Entre os 133 participantes (esse *n* não contempla aqueles do projeto piloto) que compuseram a amostra deste estudo, 74 (55,6%) eram do sexo feminino, idade de 19 a 83 anos e, predominantemente, casados (67,7%). O “ensino médio completo” (46,1%), seguido do “ensino fundamental incompleto” (21,8%) foram predominantes. O consumo de tabaco esteve presente em cerca de 10% da população, enquanto que o hábito de beber foi mais comumente encontrado (31,6%). Nenhum indivíduo entrevistado relatou fazer uso de drogas ilícitas. O tempo médio de exposição ambiental foi de, aproximadamente, 156 meses, com um tempo mínimo de 12 e máximo de 312 meses. Os indivíduos são oriundos, em sua maioria, de dentro do Estado do Rio de Janeiro (75,2%). Cerca de 26% desses moradores já haviam residido em outros locais do Complexo Santo Agostinho, composto por: Volta Grande (I, II, III e IV), Santo Agostinho, Parque das Águas, Parque São Jorge, Jardim das Américas e Vila Harmoniosa. Profissões atuais e progressas foram agrupadas em três categorias: “profissões específicas”-metalurgia, soldagem, construção civil (pedreiro), pintura, mecânica (oficina automotiva), litografia e artes com metais (26,3%); “outras profissões” (24,1%) e “do lar ou desempregado” (49,6%). A última categoria também deve ser cuidadosamente examinada, uma vez que por serem “do lar” ou estarem desempregados, passam a maior parte do tempo em suas residências e, conseqüentemente, se tornam mais ambientalmente expostas.

Tabela 4: Informações básicas sobre características sócio-demográficas e ambientais

Variáveis	N	%
<b>Gênero</b>		
Masculino	59	44,4
Feminino	74	55,6
<b>Idade (anos)</b>		
Média ± DP	50 ± 15	-
Mínimo	19	-
Máximo	83	-
<b>Educação</b>		
Ensino Fundamental Incompleto	29	21,8
Ensino Fundamental Completo	12	9,0
Ensino Médio Incompleto	8	6,0
Ensino Médio Completo	64	48,1
Superior Incompleto	4	3,0
Superior Completo ou acima	16	12,0
<b>Hábitos</b>		
Fumo	13	9,8
Álcool	42	31,6
<b>Tempo de Exposição Ambiental (meses)</b>		
Média ± DP	156 ± 71	-
Mínimo	6	-
Máximo	312	-
<b>Região do Brasil</b>		
Dentro do Estado do RJ	100	75,2
For a do Estado do RJ	33	24,8
<b>Residiu no Complexo Santo Agostinho *</b>		
Sim	35	26,3
<b>Ocupação **</b>		
Profissões Específicas	35	26,3
Outras Profissões	32	24,1
Do lar ou desempregado (a)	66	49,6

DP= desvio-padrão

\*Complexo Santo Agostinho: Volta Grande (I, II, III e IV), Santo Agostinho, Parque das Águas, Parque São Jorge, Jardim das Américas e Vila Harmoniosa. \*\* Profissões específicas: metalurgia, pintura, construção civil (pedreiro), mecânica (oficina automotiva), litografia e artes em metal.

## AMOSTRAS BIOLÓGICAS

Média aritmética (MA), desvio-padrão (DP), mediana, mínimo/máximo e média geométrica (MG) das concentrações totais e por gênero das amostras biológicas de Cd, Cr, Mn (sangue e/ou urina) em  $\mu\text{g L}^{-1}$ , Pb em sangue, em  $\mu\text{g dL}^{-1}$  e Cd, Cr, Mn, em urina, em  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina estão apresentadas na Tabela 5.

Embora a amostra do estudo seja composta por 133 moradores do condomínio, alguns doaram somente sangue ou urina. O número amostral para cada metal pode ser visto nas Tabelas 6 e 7, bem como os testes estatísticos utilizados nesse estudo.

De modo geral, as amostras não seguiram uma distribuição normal, excetuando-se manganês em sangue. Em relação ao gênero, não houve diferença significativa para cádmio ( $p=0,07$ ) e manganês em urina ( $p=0,075$ ), embora o p-valor tenha sido próximo a 0,05. No entanto, para cromo em urina ( $p=0,024$ ), manganês em sangue ( $p=0,003$ ) e chumbo em sangue ( $p=0,001$ ), a diferença se mostrou estatisticamente significativa. Quanto à idade, o grupo etário “de 31 a 37 anos” foi o que obteve as maiores concentrações para os metais estudados (Cr, Cd e Mn) na urina. No caso de Pb-S e Mn-S, os níveis mais elevados foram encontrados nas faixas de idade “ $\geq 38$  anos” e “ $\leq 30$  anos”, respectivamente. No entanto, essas diferenças não foram significativas. Manganês em urina obteve um p-valor (0,07) relativamente próximo a significância de 0,05. A variável “escolaridade” apresentou-se muito heterogênea no que se refere às médias das concentrações. O “ensino fundamental incompleto” apresentou concentrações mais elevadas para manganês em sangue e cádmio em urina. Entretanto, não houve diferença significativa para nenhum dos metais estudados. Em relação ao tabagismo, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre “Cd-U”(0,20), “Cr-U”(0,88), “Mn-U”(0,07), “Pb-S”(0,72), “Mn-S”(0,76) e essa variável para nenhuma das categorias estudadas (“fumante”, “ex-fumante” e “nunca fumou”). Embora o p-valor para “Mn-U” não tenha sido significativo, apresentou-se próximo a 0,05. Um novo teste foi realizado apenas com as categorias “fumante” e “não-fumante”, e encontrada uma significância estatística (45,50;  $p=0,05$ ). Relativamente à variável “consumo de álcool”, não houve diferenças significativas para nenhum dos metais estudados, mesmo utilizando as variáveis “ingere”, “já ingeriu” e “nunca ingeriu”. Quanto à região do Brasil, concentrações médias mais elevadas foram encontradas tanto para moradores oriundos de dentro ou fora do Estado do Rio de Janeiro, sem significância estatística. As diferenças entre as médias de exposição ambiental (em meses) também não foram estatisticamente significativas. Em relação à ocupação, as maiores médias

de metais na urina foram alcançadas com a ocupação “outras profissões”. Cr-U ( $p=0,05$ ) e Pb-S ( $p=0,01$ ), apresentaram significância estatística para “outras profissões” e “profissões específicas”, respectivamente.



Tabela 5: Sumário das concentrações das amostras biológicas da população de estudo ( $n_{\text{total}}=133$ ) total e por gêneros ( $n_{\text{homens}} = 59$ ;  $n_{\text{mulheres}} = 74$ )

<b>Metal</b>	<b>Média ± DP</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mín./Máx.</b>	<b>Média Geométrica</b>
<b>Cádmio</b> <sup>a</sup> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )				
<i>Todos os sujeitos</i>	0,73 ± 0,61	0,52	0,25 / 3,70	0,57
<i>Homens</i>	0,80 ± 0,62	0,66	0,25 / 3,60	0,64
<i>Mulheres</i>	0,67 ± 0,59	0,43	0,25 / 3,70	0,52
<b>Cádmio</b> <sup>a</sup> ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )				
<i>Todos os sujeitos</i>	0,80 ± 0,74	0,51	0,01 / 3,63	0,55
<i>Homens</i>	0,88 ± 0,81	0,55	0,17 / 3,35	0,63
<i>Mulheres</i>	0,73 ± 0,68	0,47	0,01 / 3,63	0,52
<b>Cromo</b> <sup>a</sup> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )				
<i>Todos os sujeitos</i>	0,56 ± 0,41	0,55	0,16 / 3,07	0,48
<i>Homens</i>	0,47 ± 0,15	0,55	0,16 / 0,56	0,43
<i>Mulheres</i>	0,63 ± 0,54	0,55	0,16 / 3,07	0,52
<b>Cromo</b> <sup>a</sup> ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )				
<i>Todos os sujeitos</i>	0,006 ± 0,005	0,004	0,00 / 0,03	0,004
<i>Homens</i>	0,005 ± 0,004	0,004	0,00 / 0,02	0,004
<i>Mulheres</i>	0,006 ± 0,005	0,005	0,00 / 0,03	0,005
<b>Manganês</b> <sup>b</sup> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )				
<i>Todos os sujeitos</i>	7,28 ± 2,23	6,83	2,69 / 13,72	6,95
<i>Homens</i>	6,62 ± 1,67	6,43	3,16 / 9,92	6,41
<i>Mulheres</i>	7,80 ± 2,47	7,43	2,69 / 13,72	7,41
<b>Manganês</b> <sup>a</sup> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )				
<i>Todos os sujeitos</i>	0,63 ± 0,56	0,39	0,39 / 4,77	0,52

<i>Homens</i>	0,56 ± 0,61	0,39	0,39 / 4,77	0,48
<i>Mulheres</i>	0,68 ± 0,52	0,39	0,39 / 2,94	0,56
<b>Manganês<sup>a</sup></b> (μg g <sup>-1</sup> )				
<i>Todos os sujeitos</i>	0,64 ± 0,62	0,43	0,14 / 3,67	0,47
<i>Homens</i>	0,55 ± 0,45	0,34	0,15 / 2,35	0,42
<i>Mulheres</i>	0,72 ± 0,72	0,45	0,14 / 3,67	0,51
<b>Chumbo<sup>b</sup></b> (μg dL <sup>-1</sup> )				
<i>Todos os sujeitos</i>	1,47 ± 1,11	1,13	0,57 / 8,32	1,19
<i>Homens</i>	1,81 ± 1,30	1,62	0,57 / 8,32	1,48
<i>Mulheres</i>	1,22 ± 0,88	1,00	0,57 / 5,52	1,01

---

<sup>a</sup> Urina; <sup>b</sup> Sangue

Tabela 6: Significância estatística das médias e medianas para mangânes e chumbo em sangue da população de estudo nos diferentes estratos

Variáveis (%)	MANGANÊS (n=126)			CHUMBO (n=119)		
	Média ± DP	Mediana	Testes estatísticos	Média ± DP	Mediana	Testes estatísticos
<b>Gênero</b>						
Masculino	6,62 ± 1,67	6,43	3,03 (0,003) *** b	1,81 ± 1,30	1,62	1138 (0,001) <sup>a***</sup>
Feminino	7,80 ± 2,47	7,43		1,22 ± 0,88	1,00	
<b>Grupos Etários (anos)</b>						
≤ 30	7,69 ± 2,27	6,94	2,218 (0,63) <sup>d</sup>	1,27 ± 0,88	1,12	3,183 (0,20) <sup>c</sup>
31 – 37	6,74 ± 2,90	6,09		0,88 ± 0,58	0,58	
≥ 38	7,22 ± 2,15	6,78		1,50 ± 1,14	1,16	
<b>Escolaridade</b>						
Ensino Fundamental Incompleto	6,85 ± 1,53	7,05	4,920 (0,32) <sup>d</sup>	1,25 ± 0,77	1,10	3,403 (0,64) <sup>c</sup>
Ensino Fundamental Completo	6,82 ± 1,01	6,88		1,66 ± 0,94	1,61	
Ensino Médio Incompleto	8,23 ± 2,87	7,24		2,06 ± 1,58	1,42	
Ensino Médio Completo	7,28 ± 2,42	6,78		1,45 ± 1,22	1,10	
Superior Incompleto	6,05 ± 0,52	6,11		1,22 ± 0,28	1,09	
Superior Completo ou acima	8,11 ± 2,62	7,95		1,51 ± 1,08	1,12	
<b>Tabagismo</b>						
Fumante	6,94 ± 1,51	6,78	0,273 (0,76) <sup>d</sup>	1,75 ± 1,34	1,10	0,645 (0,72) <sup>c</sup>
Ex-fumante	7,25 ± 2,25	6,94		1,58 ± 0,98	1,39	
Nunca fumou	7,32 ± 2,30	6,78		1,42 ± 1,10	1,10	
<b>Consumo de Álcool</b>						
Sim	6,96 ± 2,00	6,55	1657 (0,25) <sup>b</sup>	1,66 ± 1,14	1,46	1324 (0,22) <sup>c</sup>
Não	7,43 ± 2,32	6,94		1,38 ± 1,09	1,09	

**Região do****Brasil**

Dentro do Estado do RJ	7,25 ± 2,26	6,68	0,793 (0,43) <sup>b</sup>	1,60 ± 1,28	1,27	703 (0,60) <sup>a</sup>
Fora do Estado do RJ	7,64 ± 1,97	6,94		1,38 ± 0,86	1,05	

**Exposição aos metais (meses)**

Exposição Ambiental	156 ± 69	168	- 0,087 (0,33) <sup>f</sup>	159 ± 66	168	0,041 (0,66) <sup>e</sup>
---------------------	----------	-----	-----------------------------	----------	-----	---------------------------

**Ocupação**

Profissões específicas	7,06 ± 1,88	6,76	4,734 (0,07) <sup>d</sup>	2,08 ± 1,58	1,74	10,238 (0,01) <sup>c**</sup>
Outras profissões	8,03 ± 2,72	7,38		1,26 ± 0,80	1,00	
Desempregado ou do lar	6,95 ± 1,99	6,78		1,25 ± 0,77	1,02	

---

DP= desvio-padrão. Testes estatísticos: <sup>a</sup> Teste de Mann-Whitney U; <sup>b</sup> Teste *t* de Student; <sup>c</sup> Teste de Kruskal –Wallis; <sup>d</sup> Teste One-way ANOVA; <sup>e</sup> Correlação de Spearman; <sup>f</sup> Correlação de Pearson. Os resultados de médias, medianas e desvio-padrão foram expressos em µg L<sup>-1</sup>, exceto para chumbo em sangue que foram expressos em µg dL<sup>-1</sup>. Dados mostrados entre parênteses é o p-valor. \*p<0,05 (duas extremidades); \*\*p<0,01 (duas extremidades), \*\*\*p<0,001 (duas extremidades).

Tabela 7: Significância estatística das médias e medianas para cádmio, cromo e manganês em urina da população de estudo nos diferentes estratos

Variáveis (%)	CÁDMIO (n=126)			CROMO (n=114)			MANGANÊS (n=125)		
	Média ± DP	Mediana	Testes estatísticos	Média ± DP	Mediana	Testes estatísticos	Média ± DP	Mediana	Testes estatísticos
<b>Gênero</b>									
Masculino	0,80 ± 0,62	0,66	1577 (0,07) <sup>a</sup>	0,47 ± 0,15	0,55	1282 (0,02) <sup>a*</sup>	0,56 ± 0,61	0,39	1612 (0,08) <sup>a</sup>
Feminino	0,67 ± 0,59	0,43		0,63 ± 0,54	0,55		0,68 ± 0,52	0,39	
<b>Grupos Etários (anos)</b>									
≤ 30	0,94 ± 0,94	0,64	2,601 (0,27) <sup>c</sup>	0,48 ± 0,17	0,55	1,811 (0,40) <sup>c</sup>	0,49 ± 0,21	0,39	5,199 (0,07) <sup>c</sup>
31 – 37	1,06 ± 0,85	0,96		0,94 ± 0,87	0,55		1,32 ± 1,56	1,02	
≥ 38	0,71 ± 0,57	0,48		0,57 ± 0,43	0,55		0,64 ± 0,59	0,39	
<b>Escolaridade</b>									
Ensino Fundamental Incompleto	0,82 ± 0,75	0,43	1,631 (0,90) <sup>c</sup>	0,51 ± 0,19	0,55	2,820 (0,73) <sup>c</sup>	0,70 ± 0,55	0,39	4,986 (0,42) <sup>c</sup>
Ensino Fundamental Completo	0,60 ± 0,27	0,62		0,48 ± 0,15	0,55		0,58 ± 0,28	0,48	
Ensino Médio Incompleto	0,63 ± 0,39	0,58		0,85 ± 0,99	0,55		0,69 ± 0,78	0,39	
Ensino Médio Completo	0,74 ± 0,62	0,56		0,54 ± 0,38	0,55		0,64 ± 0,65	0,39	
Superior Incompleto	0,38 ± 0,19	0,38		0,58 ± 0,42	0,58		0,39 ± 0,00	0,39	
Superior Completo ou acima	0,69 ± 0,62	0,44		0,60 ± 0,53	0,55		0,47 ± 0,19	0,39	

**Tabagismo**

Fumante	0,72 ± 0,43	0,66	3,248 (0,20) <sup>c</sup>	0,49 ± 0,11	0,55	0,250 (0,88) <sup>c</sup>	0,85 ± 0,75	0,51	5,426 (0,07) <sup>c</sup>
Ex-fumante	0,94 ± 0,67	0,87		0,50 ± 0,13	0,55		0,52 ± 0,29	0,39	
Nunca fumou	0,70 ± 0,61	0,49		0,57 ± 0,46	0,55		0,62 ± 0,57	0,39	

**Consumo de Álcool**

Sim	0,78 ± 0,60	0,64	1552 (0,52) <sup>a</sup>	0,49 ± 0,17	0,55	1372 (0,60) <sup>a</sup>	0,56 ± 0,31	0,39	1626 (0,65) <sup>a</sup>
Não	0,70 ± 0,61	0,46		0,59 ± 0,49	0,55		0,66 ± 0,65	0,39	

**Região do Brasil**

Dentro do Estado do RJ	0,70 ± 0,64	0,50	700 (0,14) <sup>a</sup>	0,52 ± 0,30	0,55	786 (0,68) <sup>a</sup>	0,63 ± 0,63	0,39	699 (0,07) <sup>a</sup>
Fora do Estado do RJ	0,81 ± 0,56	0,65		0,59 ± 0,53	0,55		0,47 ± 0,20	0,39	

### Exposição aos metais (meses)

Exposição Ambiental	157 ± 70	168	- 0,153 (0,09) <sup>e</sup>	152 ± 70	168	- 0,157 (0,10) <sup>e</sup>	155 ± 69	168	- 0,154 (0,09) <sup>e</sup>
---------------------	----------	-----	-----------------------------	----------	-----	-----------------------------	----------	-----	-----------------------------

### Ocupação

Profissões específicas	0,85 ± 0,74	0,60	3,876 (0,14) <sup>c</sup>	0,49 ± 0,13	0,55	5,785 (0,05) <sup>c*</sup>	0,47 ± 0,19	0,39	4,018 (0,13) <sup>c</sup>
Outras profissões	0,86 ± 0,74	0,71		0,78 ± 0,75	0,55		0,74 ± 0,87	0,39	
Desempregado ou do lar	0,60 ± 0,40	0,44		0,48 ± 0,20	0,55		0,66 ± 0,50	0,39	

---

DP= desvio-padrão. Testes estatísticos: <sup>a</sup> Teste de Mann-Whitney U; <sup>b</sup> Teste *t* de Student; <sup>c</sup> Teste de Kruskal –Wallis; <sup>d</sup> Teste One-way ANOVA; <sup>e</sup> Correlação de Spearman; <sup>f</sup> Correlação de Pearson. Os resultados de médias, medianas e desvio-padrão foram expressos em µg L<sup>-1</sup>, exceto para chumbo em sangue que foram expressos em µg dL<sup>-1</sup>. Dados mostrados entre parênteses é o p-valor. \*p<0,05 (duas extremidades).

### ***Morbidades diagnosticadas ou autopercebidas na população de estudo***

Dentre as morbidades diagnosticadas ou autopercebidas (atuais ou pregressas) mais prevalentes encontram-se as doenças respiratórias (n=35; 26,3%) e as cardiovasculares (n= 33; 24%) com frequências acima de 20%. Outras morbidades tiveram frequências acima de 10%, como as doenças endócrinas (17,3%), de pele (16,5%), neuropsicológicas (13,5%), osteomusculares (12,0%) e hematológicas (11,3%). Apenas “cádmio em urina” e “doenças de pele” (p=0,05) bem como “doenças uroginecológicas” e “manganês em sangue” (p=0,01) apresentaram significância estatística. Esses resultados podem ser encontrados na Tabela 8.



Tabela 8: Sumário de morbidades diagnosticadas ou autopercebidas por metais estudados na população do Condomínio Volta Grande IV

Doenças	Metais					
	n (%)	Cd-U	Cr-U	Mn-U	Mn-S	Pb-S
Doenças renais	11 (8,3)	U=440 (p=0,10)	U=438 (p=0,14)	U=539 (p=0,38)	t = 0,323 (p= 0,75)	U= 586 (p=0,94)
Doenças neuropsiquiátricas	18 (13,5)	U=734 (p=0,10)	U=812 (p=0,90)	U=775 (p=0,24)	t = 0,515 (p= 0,61)	U=634 (p=0,07)
Doenças hematológicas	15 (11,3)	U=662 (p=0,34)	U=413 (p=0,45)	U=607 (p=0,50)	t = 0,532 (p= 0,60)	U=660 (p=0,33)
Doenças respiratórias	35 (26,3)	U=1328 (p=0,41)	U=1137 (p=0,96)	U=1185 (p=0,11)	t = 1,439 (p= 0,15)	U=1361 (p=0,85)
Doenças gastrointestinais	12 (9,0)	U=464 (p=0,07)	U=407 (p=0,17)	U=596 (p=0,76)	t = 1,235 (p= 0,24)	U=546 (p=0,39)
Doenças endócrinas	23 (17,3)	U=1004 (p=0,25)	U=890 (p=0,44)	U=1138 (p=0,80)	t = -1,424 (p= 0,16)	U=898 (p=0,16)
Doenças cardiovasculares	33 (24,8)	U=1433 (p=0,82)	U=1192 (p=0,93)	U=1346 (p=0,47)	t = -0,687 (p= 0,50)	U=1248 (p=0,72)
Doenças de pele	22 (16,5)	U=810 <b>(p=0,05)*</b>	U=762 (p=0,55)	U=1064 (p=0,83)	t = -0,724 (p= 0,47)	U=887 (p=0,21)
Doenças osteomusculares	16 (12,0)	U=638 (p=0,14)	U=626 (p=0,75)	U=695 (p=0,46)	t = 0,522 (p= 0,61)	U=776 (p=0,70)
Doenças hepatobiliares	8 (6,0)	U=328 (p=0,35)	U=344 (p=0,66)	U=402 (p=0,89)	t = 0,925 (p= 0,38)	U=370 (p=0,43)
Doenças uroginecológicas	7 (5,3)	U=338 (p=0,80)	U=372 (p=0,97)	U=360 (p=0,52)	t = 2,063 <b>(p=0,04)*</b>	U=276 (p=0,44)
Neoplasias	3 (2,3)	U=156 (p=0,67)	U=130 (p=0,53)	U=156 (p=0,69)	t = 1,487 (p= 0,14)	U=126 (p=0,43)

U= Teste de Mann-Whitney, t = Teste *t* de Student, p-valor. \*p<0,05 (duas extremidades).

• *Parâmetros hematológicos da população de estudo*

As médias dos parâmetros hematológicos encontrados na população foram: hemácias em milhões (4,86 M mL<sup>-1</sup>), hemoglobina (13,83 g dL<sup>-1</sup>), hematócrito (41,24 %), leucócitos (6,81 10<sup>3</sup> mm<sup>-3</sup>), linfócitos (34,38 %) e plaquetas (237,64 x10<sup>3</sup> mm<sup>-3</sup>).

Dentre os parâmetros hematológicos apresentados na Tabela 9, observaram-se correlações com alguns metais estudados. “Chumbo em sangue” apresentou associação estatisticamente significativa com “hemácias” (p=0,001), “hemoglobina” (p=0,003) e “hematócrito” (p=0,000). Foram encontradas também correlações entre Mn-S e “hemácias” (p=0,05), assim como “hemoglobina” (p=0,008). Contudo, manganês em urina só apresentou correlação com leucócitos (p=0,009), enquanto “hemoglobina” (p=0,03) e “hematócrito” (p=0,03) se correlacionaram com “cromo em urina”.

Tabela 9: Associação entre parâmetros hematológicos e concentração dos metais na população de estudo.

Parâmetros Hematológicos	Metais				
	Mn-S	Pb-S	Cd-U	Cr-U	Mn-U
Hemácias (M mL <sup>-1</sup> )	r = - 0,176 (p=0,05)*	rs= 0,294 (p=0,001)**	rs= 0,061 (p=0,50)	rs= - 0,164 (p=0,08)	rs= - 0,080 (p=0,37)
Hemoglobina (g dL <sup>-1</sup> )	r = - 0,234 (p=0,008)**	rs= 0,269 (p=0,003)**	rs= - 0,008 (p=0,93)	rs= - 0,204 (p=0,03)*	rs= - 0,062 (p=0,49)
Hematócrito (%)	r = - 0,140 (p=0,13)	rs= 0,323 (p=0,000)**	rs= - 0,001 (p=0,98)	rs= - 0,200 (p=0,03)*	rs= - 0,130 (p=0,15)
Leucócitos (10 <sup>3</sup> mm <sup>-3</sup> )	r = - 0,109 (p=0,22)	rs= - 0,001 (p=0,99)	rs= 0,049 (p=0,58)	rs= 0,115 (p=0,22)	rs= 0,232 (p=0,009)**
Linfócitos (%)	r = - 0,014 (p=0,87)	rs= 0,077 (p=0,405)	rs= - 0,39 (p=0,66)	rs= - 0,038 (p=0,69)	rs= - 0,031 (p=0,73)
Plaquetas (x10 <sup>3</sup> mm <sup>-3</sup> )	r = 0,015 (p=0,87)	rs= - 0,056 (p=0,54)	rs= 0,092 (p=0,30)	rs= 0,102 (p=0,28)	rs= 0,060 (p=0,51)

rs: Correlação de Spearman, r: Correlação de Pearson, p-valor. \*p<0,05 (duas extremidades), p-valor. \*p<0,01 (duas extremidades).

## AMOSTRAS AMBIENTAIS

### • *Metais em água de torneira*

As médias e medianas das concentrações de metais em água de torneira das residências do condomínio Volta Grande IV variaram de acordo com as quatro campanhas de acordo com a Tabela 10. Para cádmio, as concentrações variaram de 0,003 (limite de quantificação) a 0,07  $\mu\text{g L}^{-1}$  (segunda campanha). Cromo apresentou valores mínimos e máximos, de 0,034 (limite de quantificação) a 0,89  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente. Manganês apresentou variação de 0,045 (limite de quantificação) a 8,73  $\mu\text{g L}^{-1}$ , enquanto que os níveis de chumbo alteraram de 0,024 (limite de quantificação) para 2,21  $\mu\text{g L}^{-1}$  (terceira campanha).

Tabela 10: Determinação de metais em água de torneira das residências do condomínio Volta Grande IV, Volta Redonda

Campanhas	Cádmio Média / Mediana	Cromo Média / Mediana	Manganês Média / Mediana	Chumbo Média / Mediana
Campanha 1 (Projeto Piloto)	<LQ / <LQ	0,27 / 0,27	3,25 / 3,37	<LQ / <LQ
Campanha 2	0,01 / <LQ	0,11 / 0,05	2,69 / 2,15	0,14 / <LQ
Campanha 3	0,01 / 0,01	0,04 / LQ	1,47 / 0,50	0,14 / <LQ
Campanha 4	<LQ / <LQ	<LQ / <LQ	1,41 / 0,32	0,17 / <LQ

LQ<sub>Cd</sub> = 0,003; LQ<sub>Cr</sub> = 0,034; LQ<sub>Mn</sub> = 0,045; LQ<sub>Pb</sub> = 0,024. Todos os resultados foram expressos

em  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

### • *Metais em poeira doméstica*

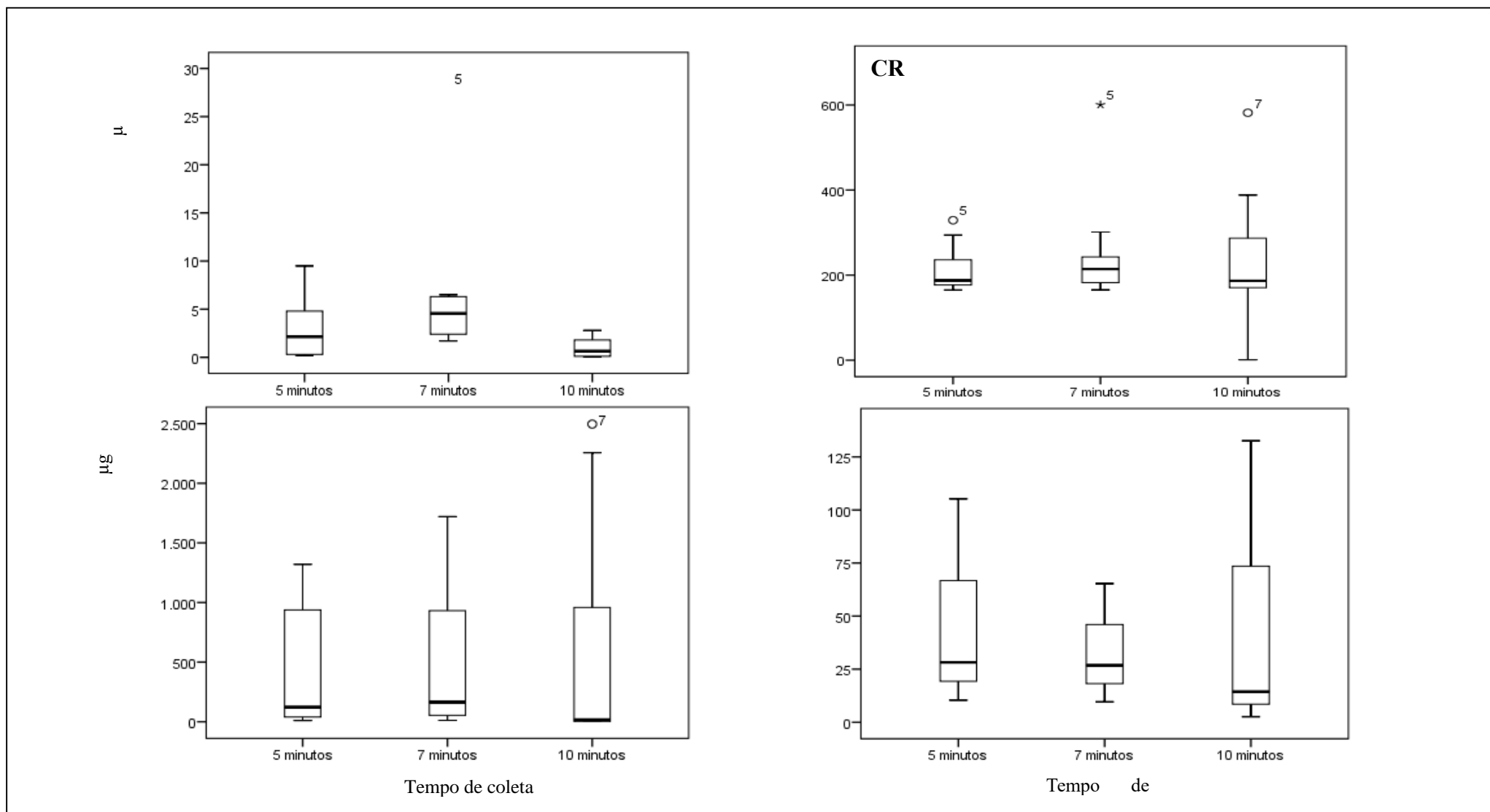
Por se tratar de um projeto piloto, a primeira campanha teve como objetivo a verificação do melhor tempo de coleta para as amostras de poeira doméstica. Foram assim testados os tempos de 5, 7 e 10 minutos, conforme mencionado na metodologia. Como pode ser visto na Figura 9, o tempo de 7 minutos se mostrou o mais adequado para cromo e cádmio. No entanto, para manganês e chumbo os melhores tempos foram de 10 minutos (Figura 9). Em virtude do

projeto base contemplar outros metais, cujos tempos mais adequados ficaram em 7 minutos, estabeleceu-se, assim, esse valor para as demais campanhas.

Uma vez estabelecido o tempo de 7 minutos, as demais campanhas tiveram como foco principal a coleta de poeira doméstica em ambientes internos e externos dentro do domicílio. Assim, foram analisadas a concentração da poeira interna e externa para cádmio, cromo, manganês e chumbo.

As medianas das concentrações para cádmio em poeira doméstica, externa e interna, foram  $1,36 \mu\text{g m}^{-2}$  ( $8,73 \mu\text{g m}^{-3}$ ) e  $2,76 \mu\text{g m}^{-2}$  ( $17,76 \mu\text{g m}^{-3}$ ), respectivamente. Para cromo, esses valores foram  $104,51 \mu\text{g m}^{-2}$  ( $672,01 \mu\text{g m}^{-3}$ ) na poeira externa e  $148,49 \mu\text{g m}^{-2}$  ( $1091,21 \mu\text{g m}^{-3}$ ) na interna. Em relação ao manganês, os níveis encontrados (medianas) para poeira externa foi de  $429,25 \mu\text{g m}^{-2}$  ( $2760 \mu\text{g m}^{-3}$ ) e de  $198,93 \mu\text{g m}^{-2}$  ( $1279,15 \mu\text{g m}^{-3}$ ) na poeira interna. Já as medianas para o chumbo ficaram em  $33,57 \mu\text{g m}^{-2}$  /  $215,83 \mu\text{g m}^{-3}$  (poeira externa) e  $20,61 \mu\text{g m}^{-2}$  /  $132,49 \mu\text{g m}^{-3}$  (poeira interna).

Figura 9: Comparação das concentrações de cádmio, cromo, manganês e chumbo ( $\mu\text{g m}^{-2}$ ) nos tempos de 5, 7 e 10 minutos (1ª Campanha/Projeto Piloto)



- *Metais no ar atmosférico*

Assim como nas amostras de poeira doméstica, a primeira campanha (projeto piloto) teve como objetivo o estudo do tempo de coleta ideal para essa matriz. Foram, então, testados os tempos de 3 e 5 horas. Uma vez que algumas concentrações foram mais elevadas em 3 horas e outras em 5 horas, optou-se, então, por usar um valor intermediário. Dessa forma, para a 2ª e 3ª campanhas foi adotado o tempo de 4 horas. A Tabela 11 apresenta as médias e medianas das concentrações dos metais avaliados no ar atmosférico.

Tabela 11: Níveis encontrados para os metais avaliados no ar atmosférico do condomínio Volta Grande IV, Volta Redonda

Campanhas	Cádmio Média / Mediana (ng m <sup>-3</sup> )	Cromo Média / Mediana (ng m <sup>-3</sup> )	Chumbo Média / Mediana (ng m <sup>-3</sup> )	Manganês Média / Mediana (ng m <sup>-3</sup> )
Campanha 1 (Projeto Piloto)	0,51 / 0,52	4,64 / 4,28	49,79 / 50,95	80,70 / 83,83
Campanha 2	0,45 / 0,36	1,65 / 1,39	22,32 / 15,51	28,66 / 23,15
Campanha 3	0,29 / 0,26	1,42 / 1,34	17,82 / 19,42	23,63 / 19,89

Todos os resultados foram expressos em ng m<sup>-3</sup>.

Por problemas técnicos, a tese contempla somente os resultados de três coletas de ar atmosférico. A concentração de cádmio em ar variou de 0,25 a 0,71 ng m<sup>-3</sup> na 1ª campanha, de 0,15 a 1,36 ng m<sup>-3</sup> na 2ª campanha e de 0,11 a 0,63 ng m<sup>-3</sup> na 3ª campanha, enquanto que os níveis de cromo variaram de 2,96 a 8,51 ng m<sup>-3</sup> (1ª campanha), 0,43 a 3,61 ng m<sup>-3</sup> (2ª campanha) e de 0,62 a 2,28 ng m<sup>-3</sup> (3ª campanha). Por outro lado, os valores para manganês alternaram de 36,13 a 105,00 ng m<sup>-3</sup> na 1ª campanha, 12,97 a 61,53 ng m<sup>-3</sup> na 2ª campanha e de 0,74 a 58,83 ng m<sup>-3</sup> na 3ª campanha, e para o chumbo, de 21,94 a 94,23 ng m<sup>-3</sup> na 1ª campanha, de 3,57 a 70,14 ng m<sup>-3</sup> na 2ª campanha e de 10,75 a 22,55 ng m<sup>-3</sup> na 3ª campanha.

- *Parâmetros meteorológicos*

### *Temperatura*

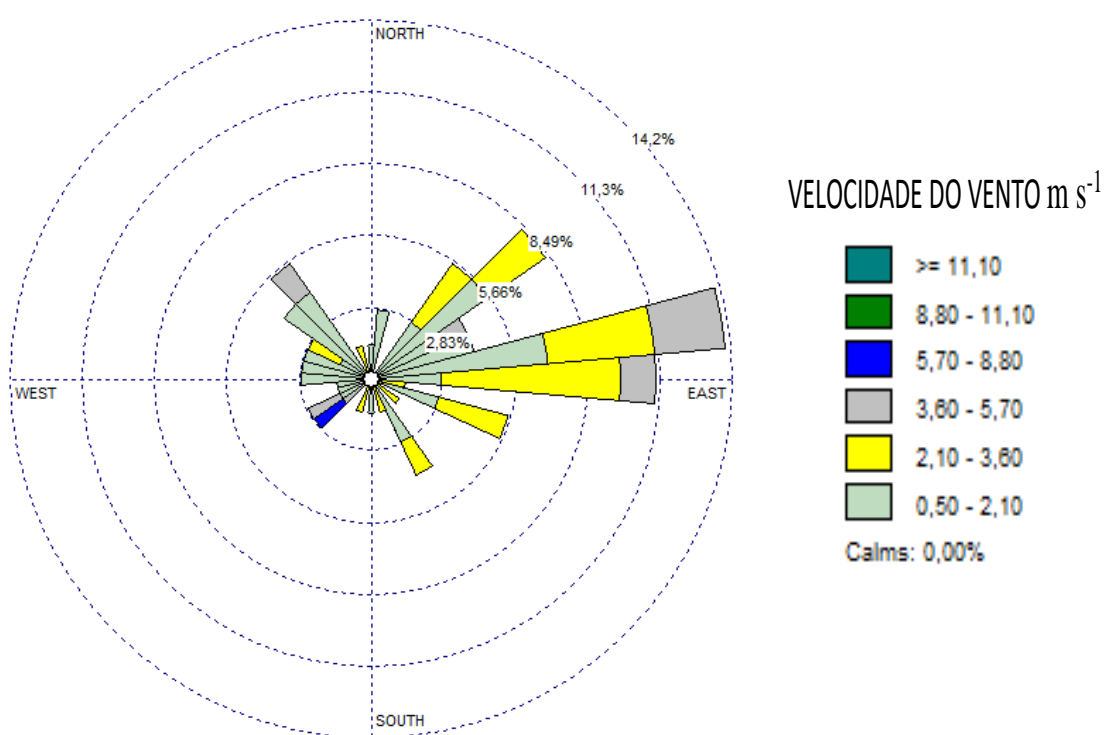
As temperaturas na primeira campanha (projeto piloto) variaram de 13 a 22°C, na segunda campanha de 18 a 25 °C, na terceira de 15 a 18°C e na quarta de 18 a 30°C.

### *Direção e velocidade do vento*

As direções identificadas em todas as campanhas na escala no município de Resende (Estação Meteorológica próxima ao Município de Volta Redonda), foram predominantemente, na direção SO (sudoeste), com variação de 5,70 a 8,80 m s<sup>-1</sup>, seguidos de L e NO, ambas variando de 3,60 a 5,70 m s<sup>-1</sup> (Figura 10).

A distribuição de frequência dos ventos, por campanha (1, 2, 3 e 4), pode ser visto na Figura 11. A 1ª campanha apresentou as maiores velocidades na direção NE e L, de 3,60 a 5,70 m s<sup>-1</sup>. Na 2ª campanha, as maiores velocidades foram encontradas a NE (5,70 a 8,80 m s<sup>-1</sup>) e L (3,60 a 5,70 m s<sup>-1</sup>). A 3ª campanha foi a que apresentou menores variações de direção e velocidade de vento, alternando de 2,10 a 3,60 m s<sup>-1</sup> nas direções L, SE, NE. A 4ª campanha mostrou direções de ventos bem distintas, sendo a maior variação de velocidade (5,70 a 8,80 m s<sup>-1</sup>) a sudoeste, seguido de leste e noroeste, ambas com variação de 3,60 a 5,70 m s<sup>-1</sup>. Em todas as campanhas, o regime de calmaria foi de 0,00% nos períodos das coletas.

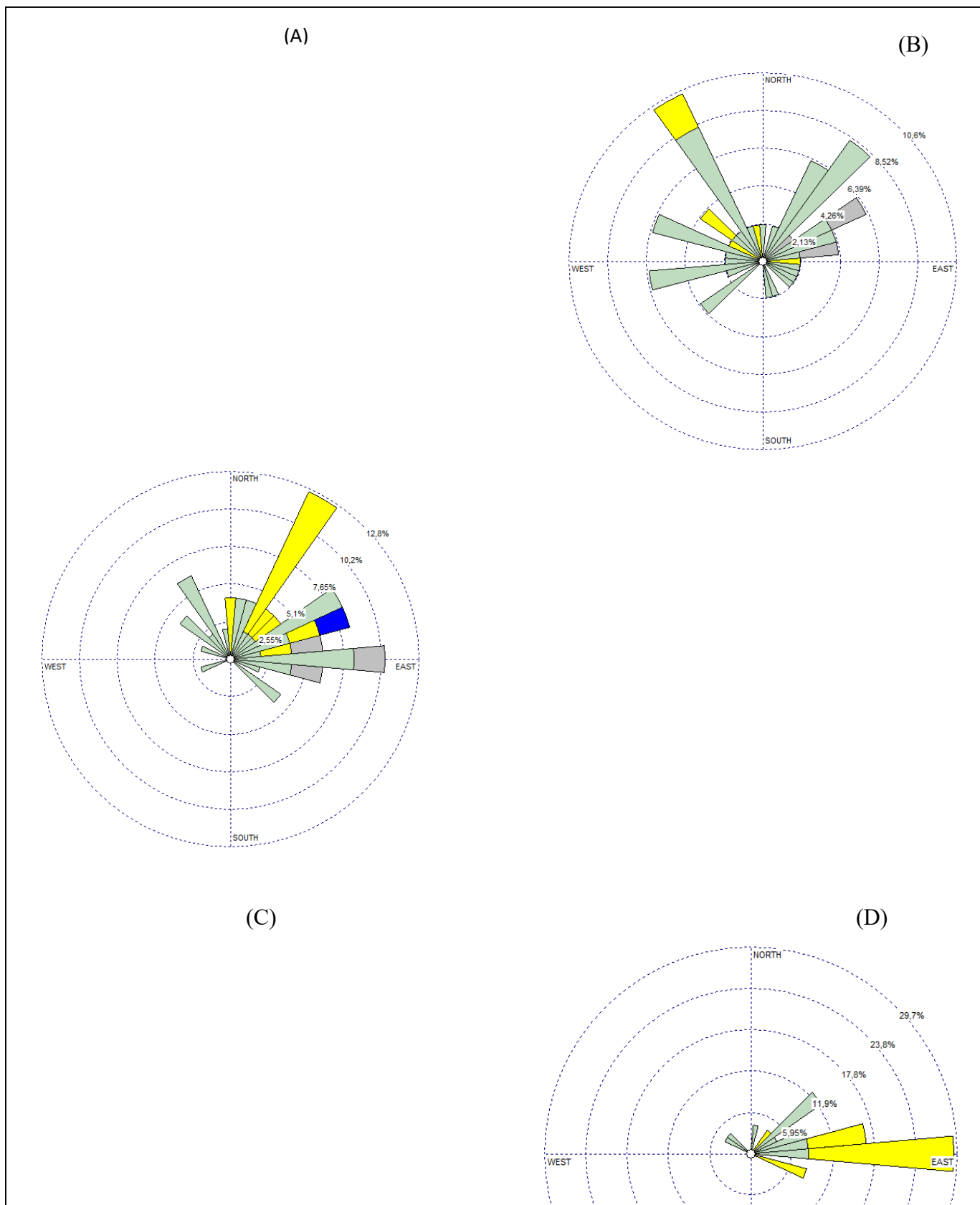
Figura 10: Distribuição da frequência dos ventos para a Estação Ninho das Águias (Resende, RJ), referente a todas as campanhas.



Fonte: produzido a partir do software WRPLOT View.



Figura 11: Distribuição de frequência dos ventos para a Estação Ninho das Águias (Resende, RJ), referentes a composição da (A) 1ª; (B) 2ª; (C) 3ª e (D) 4ª campanhas.



Fonte: produzido a partir do software WRPLOT View.

*Distribuição das concentrações de cádmio, cromo, manganês e chumbo na população do Condomínio Volta Grande IV*

Como pode ser visto na Figura 12, as maiores concentrações (medianas) para manganês em sangue se encontraram no bloco 220, seguido do bloco 340. Por outro lado, os blocos 140 e 180 apresentaram as concentrações mais elevadas para chumbo em sangue. A Figura 13 mostra que não houve variação das concentrações de cromo e manganês em urina entre os blocos, visto que os resultados das amostras se mantiveram menores ou iguais aos respectivos limites de quantificação. Contudo, o bloco 220, seguido dos blocos 225 e 180 apresentaram níveis mais elevados para cádmio em urina.

Excetuando-se o ar atmosférico, que possuía pontos fixos para amostragem (blocos 180, 220, 225 e 340), as demais amostras foram coletadas ao longo dos 8 blocos. No tocante às amostras ambientais, a água de torneira apresentou distribuição muito variada para os metais analisados. Para cádmio, o bloco que apresentou maiores níveis (medianos) foi o 260, para cromo foi o 180 e para chumbo o 300. Todos esses três metais apresentaram distribuição homogênea para os demais blocos. O manganês apresentou distribuição mais heterogênea, tendo sido encontrado os maiores valores no bloco 180. Essas informações estão demonstradas na Figura 14.

Para poeira doméstica, os blocos que apresentaram maiores concentrações (medianas) de cádmio foram o bloco 100 (poeira externa) e o bloco 140 (poeira interna). No que se refere ao cromo, os blocos 100, 140 e 340 tiveram medianas mais elevadas em poeira interna e o bloco 180 para poeira externa. O bloco 140 também obteve mediana mais elevada, em poeira interna, para manganês. Em relação a poeira externa, os blocos 260 e 140 mostraram-se mais expostos ao manganês. O chumbo apresentou resultados mais elevados nos blocos 100 (poeira interna e externa) e 140 (poeira interna) (Figura 15).

O ar atmosférico teve distribuição das concentrações bastante heterogênea entre os blocos para todos os metais estudados. Para cádmio, o bloco 220 foi o que teve maiores níveis. Os demais blocos tiveram resultados relativamente semelhantes. No que se refere a cromo, o bloco 180 apresentou valores mais elevados, os demais blocos variaram de 2,96 a 3,35 ng m<sup>-3</sup>. O bloco 225 e bloco 180 apresentaram concentrações mais altas de manganês no ar atmosférico (Figura 16).

Figura 12: Distribuição das concentrações de manganês em sangue (em  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (A) e chumbo em sangue (em  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ) (B) nos residentes do Condomínio Volta Grande IV por bloco.

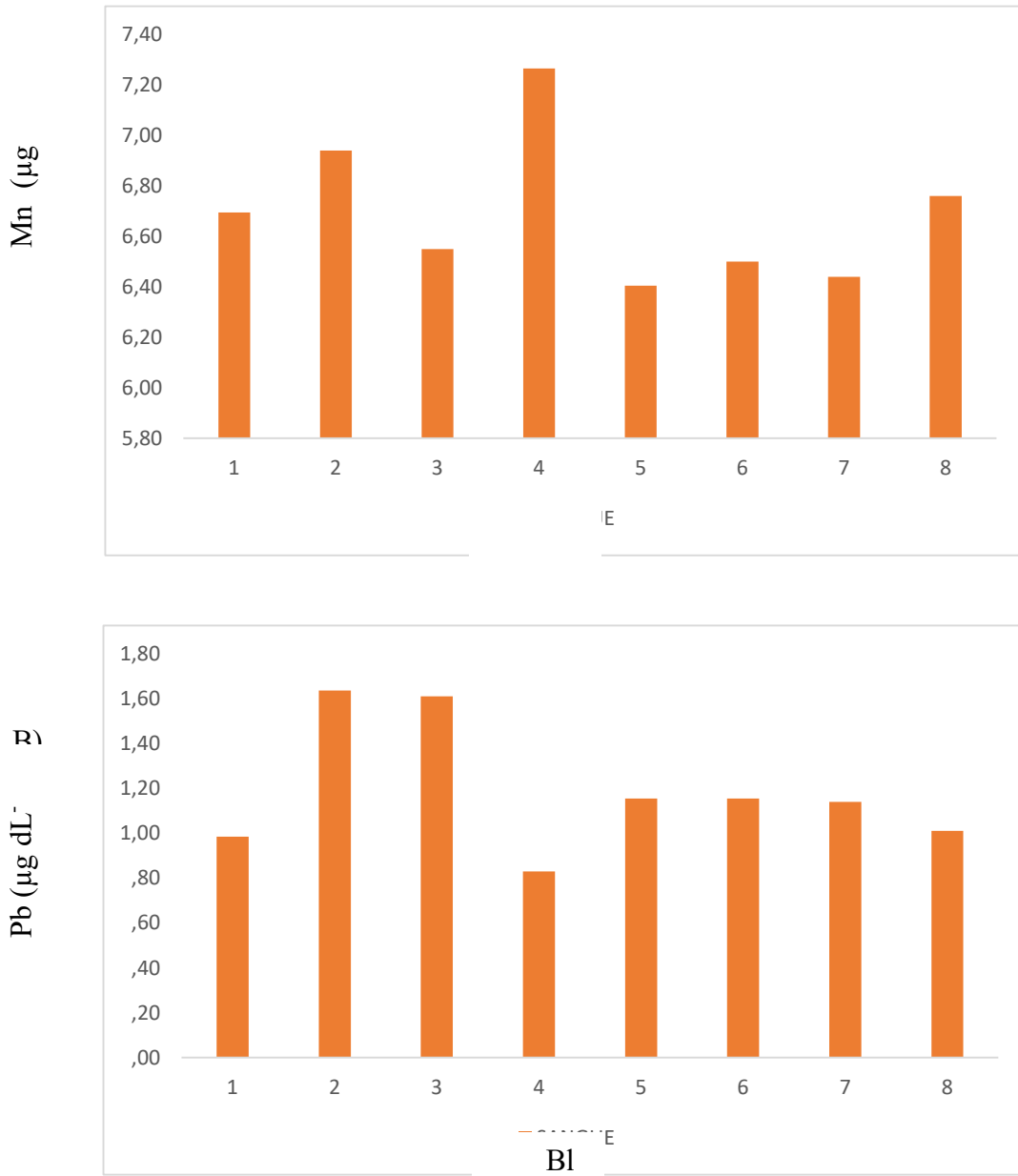


Figura 13: Distribuição das concentrações de Cd (em  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (A), Cr (em  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (B) e Mn em urina (em  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (C) nos residentes do Condomínio Volta Grande IV por bloco

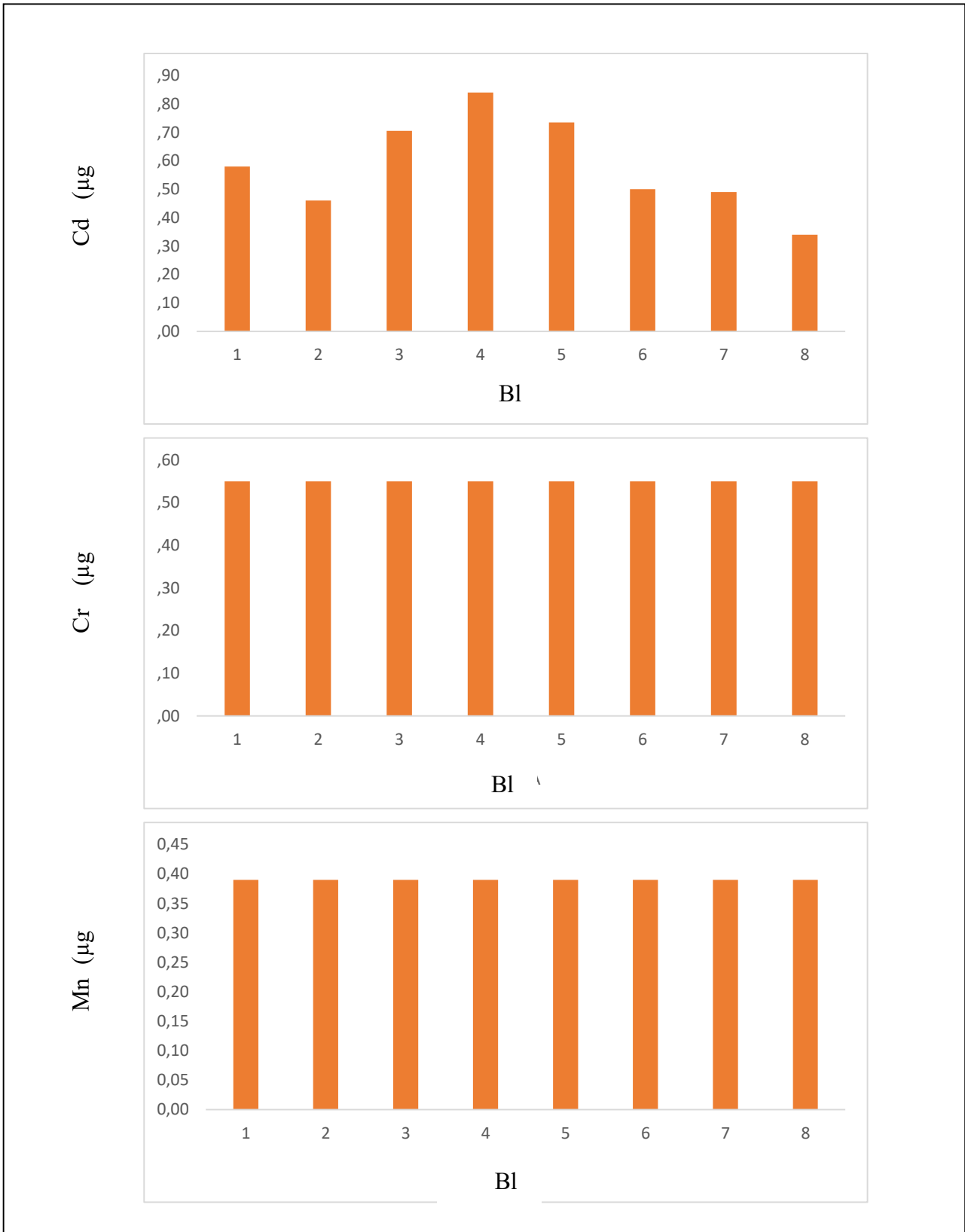


Figura 14: Distribuição das concentrações de Cd (A), Cr (B), Mn (C) e Pb (D) (em  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) em água de torneira nas residências do Condomínio Volta Grande IV por bloco

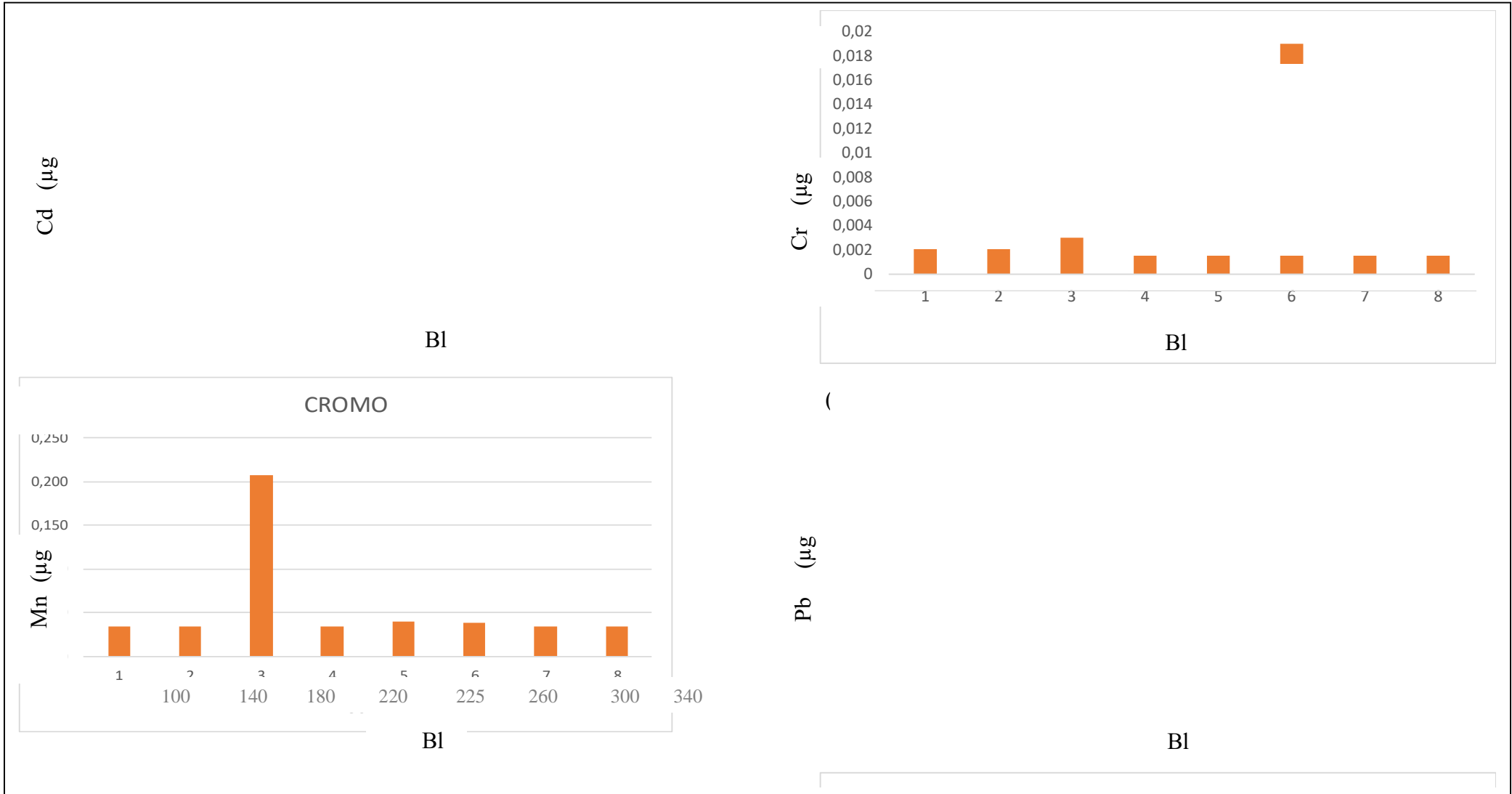


Figura 15: Distribuição das concentrações de Cd (A), Cr (B), Mn (C) e Pb (D) em poeira doméstica (em ambientes externos e internos) das residências no Condomínio VG IV por bloco

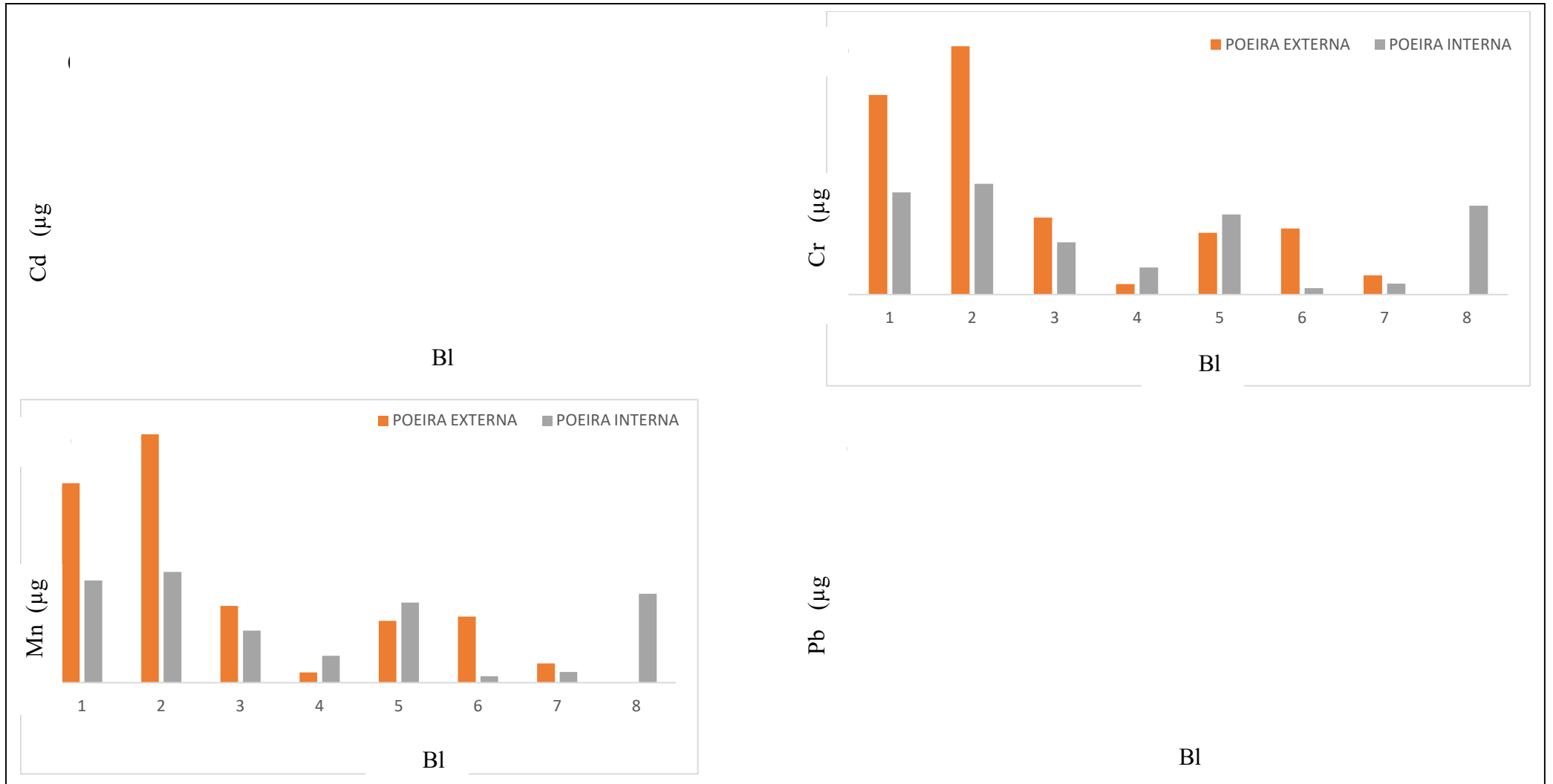
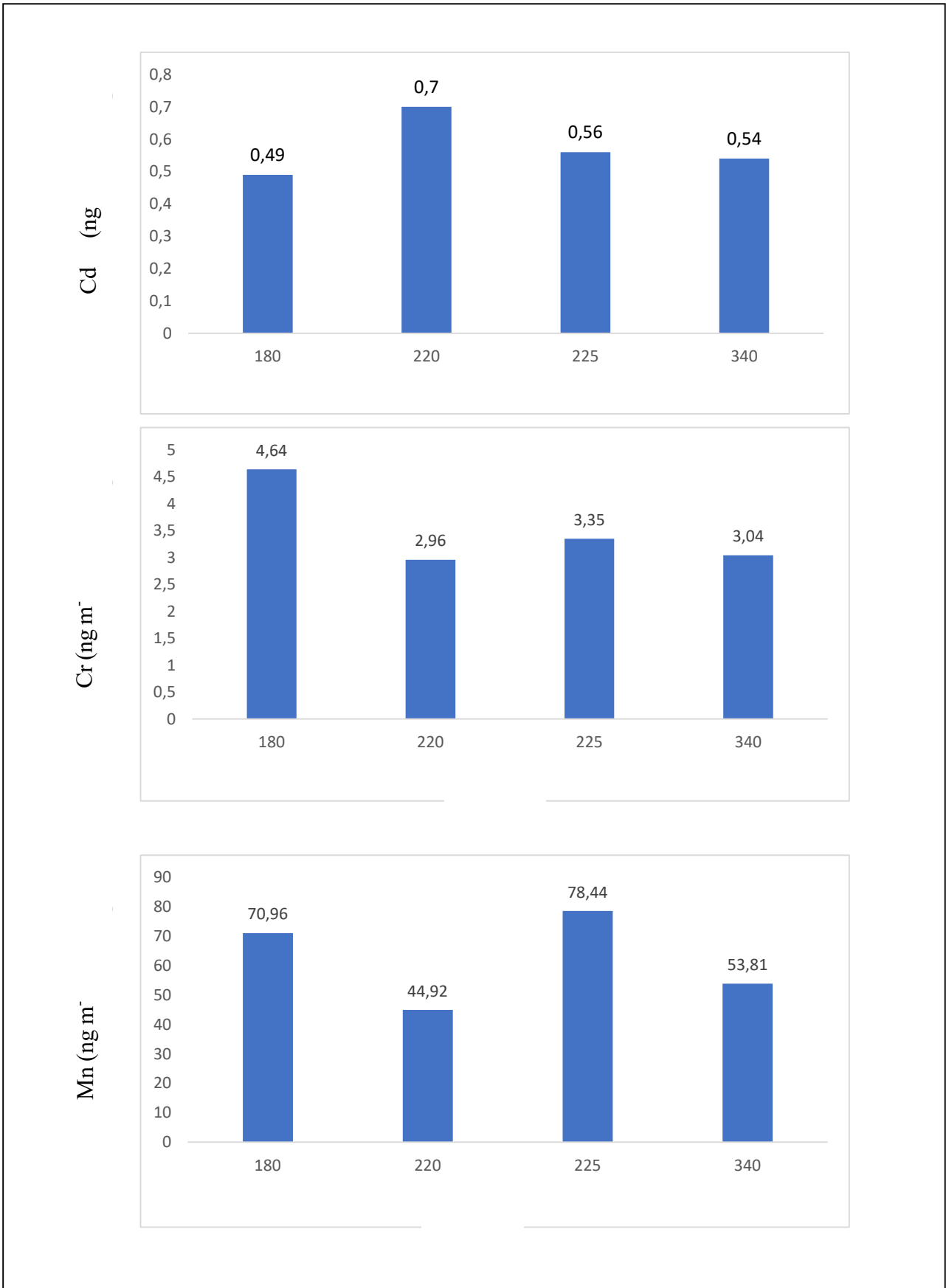


Figura 16: Distribuição das concentrações de Cd (A), Cr (B) e Mn (C) em ar atmosférico no Condomínio Volta Grande IV por bloco.



## 11. DISCUSSÃO

### AMOSTRAS BIOLÓGICAS

#### *Análise estatística das amostras biológicas da população de estudo*

Vários estudos de exposição a contaminantes ambientais utilizaram indicadores biológicos para avaliar as concentrações de metais no sangue e urina de populações em geral. Um dos objetivos desse estudo foi determinar o perfil de exposição ao Cr, Cd, Mn e Pb em sangue/ou urina de população residente no condomínio Volta Grande IV, em Volta Redonda. Poucos estudos investigam exposição a metais em população brasileira residente em área de risco potencial. Os níveis encontrados na literatura são divergentes para esses biomarcadores como poderão ser vistos no decorrer da discussão.

#### *Cádmio*

Esse estudo apresentou valores médios para cádmio em urina de MA: 0,73 e MG: 0,57  $\mu\text{g L}^{-1}$  e MA: 0,80 e MG: 0,55  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina. O estudo com a população adulta do Norte da França apresentou médias aritméticas e geométricas menores que as encontradas na população do condomínio Volta Grande IV (MA: 0,53; MG: 0,37  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; MA:0,45; MG:0,33  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina) (NISSE et al., 2017). Um projeto de Biomonitoramento Humano realizado na República Tcheca encontrou valores para cádmio em urina no período de 2001-2003 de 1,2  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina e no período de 2005-2009 de 0,8  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina (valor igual ao encontrado na população residente no condomínio) (ĀERNÁ et al., 2015). Vários estudos internacionais apresentaram valores médios de cádmio em urina inferiores aos encontrados na população de estudo. Em Ghana, os valores médios encontrados em indivíduos residentes em área de mineração de ouro foi de 0,45 e 0,38  $\mu\text{g L}^{-1}$  (média geométrica) (BASU et al., 2011). Dois estudos realizados no Canadá, nos períodos de 2007-2008 e 2009-2011 apresentaram valores médios (MG) de 0,34 e 0,40  $\mu\text{g L}^{-1}$  e 0,42 e 0,37  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina (HEALTH CANADA, 2013). A concentração média (geométrica) de cádmio em urina de um estudo com população francesa foi de 0,32  $\mu\text{g L}^{-1}$  / 0,29  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina (FRÉRY et al., 2010). Níveis urinários de cádmio foram medidos em 1770 trabalhadores espanhóis com idade entre 18 e 65 anos, tendo como resultado a média geométrica de 0,28  $\mu\text{g L}^{-1}$  / 0,20  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina (LÓPEZ-HERRANZ et al., 2015). Na Bélgica, três estudos apresentaram médias geométricas



de  $0,24 \mu\text{g L}^{-1}$  /  $0,22 \mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina (BAEYENS et al., 2014), o segundo de  $0,23 \mu\text{g L}^{-1}$  /  $0,23 \mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina (HOET et al., 2013) e o terceiro  $0,21 \mu\text{g L}^{-1}$  (realizado somente com mulheres) (PIRARD et al., 2014). Média geométrica das concentrações cádmio em urina ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) da população dos E.U.A. (National Health Nutrition and Examination Survey 1999-2010) também foram inferiores as encontradas nos residentes do condomínio: 0,193 (1999-2000); 0,21 (2001-2002); 0,21 (2003-2004); 0,19 (2005-2006); 0,18 (2007-2008) e 0,18 (2009-2010). Um projeto europeu de grande escala foi realizado com intuito de biomonitoramento humano (DEMOCOPHES) (Cd-U), este apresentou valores médios ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) para Europa de 0,20, Espanha de 0,21, Polônia de 0,38 e para a Dinamarca de 0,12, valor muito inferior ao encontrado no presente estudo (DEN et al., 2014). Outro projeto de Monitoramento Biológico Humano (HBM) realizado na República Tcheca encontrou nível médio de cádmio em urina em adultos de  $0,31 \mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina (BATÁRIOVÁ et al., 2006).

### *Cromo*

De acordo com um relatório da Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR), a concentração média de cromo em urina encontrada na população americana exposta ambientalmente foi em torno de  $0,22 \mu\text{g L}^{-1}$  (TAVAKKOLI et al., 2017). Por outro lado, os indivíduos ( $n=279$ ) residentes na área industrial de Taranto (dos distritos New Town, Paolo VI e Tamburi), Sul da Itália, apresentaram concentrações médias de  $0,50 \mu\text{g L}^{-1}$  (VIMERCATI et al., 2016). Pela Tabela 5, observamos que as médias aritmética e geométrica determinadas para cromo na urina dos indivíduos residentes no condomínio bem como nos italianos ficaram bem acima do valor médio relatado pela ATSDR, situação já esperada por se tratar de indivíduos com fontes de exposição específica conhecidas. No entanto, dados da literatura para populações em geral mostraram níveis médios (MG) de cromo urinário inferiores àqueles encontrados no presente estudo. Um estudo realizado com adultos ( $n=1910$ ), idades entre 20 e 59 anos, moradores de uma área fortemente industrializada no passado, mas ainda com alguma atividade industrial, no norte da França obteve valores médios de 0,66 (MA) e 0,38 (MG)  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Nisse et al., 2017). Uma outra pesquisa realizada sobre a exposição da população francesa a poluentes ambientais encontrou  $0,17 \mu\text{g L}^{-1}$  como concentração média para cromo em urina (FRÉRY et al., 2010). Por outro lado, MG igual a  $0,10 \mu\text{g L}^{-1}$  para este biomarcador foi encontrada em residentes da Bélgica há pelo menos 1 ano, sem histórico conhecido ou suspeito de exposição ocupacional ou ambiental aos elementos traço investigados, com exclusão de grávidas (HOET et al., 2013).

### *Manganês*

No presente estudo, os indivíduos tiveram concentrações médias aritméticas e geométricas sanguíneas de manganês de 7,28 (MA) e 6,95 (MG), em  $\mu\text{g L}^{-1}$  e médias urinárias de 0,63 (MA) e 0,52 (MG), em  $\mu\text{g L}^{-1}$  e 0,64 (MA) e 0,47 (MG), em  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina. ROCA e colaboradores (2016), obtiveram resultados semelhantes, em  $\mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina (MA: 0,70; MG: 0,43) para crianças residentes em Valência, Espanha. Em relação aos níveis de manganês em sangue, alguns estudos apresentaram resultados superiores aos encontrados nesse estudo como o estudo realizado no Estado da Bahia, Nordeste do Brasil, com crianças que vivem no entorno de uma indústria de ligas de ferromanganês no (AM =  $8,2 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (MENEZES-FILHO et al., 2011); ou àqueles com trabalhadores espanhóis expostos a manganês os quais apresentaram média sanguínea de  $8,68 \mu\text{g L}^{-1}$  (GIL et al., 2011). No entanto, um estudo belga apresentou resultado quase 5 vezes menor ao encontrado na urina dos residentes de Volta Grande IV (HOET et al., 2013). Residentes do norte da França apresentaram médias para manganês em sangue de 8,09 (MA) e 7,71 (MG) e em urina de 0,45 (MA) e 0,28 (MG), sendo as médias de Mn-U também inferiores àquelas encontradas na urina da população do condomínio (NISSE et al., 2017). Participantes do National Health Nutrition and Examination Survey apresentaram média geométrica nos anos de 2011-2012 de  $0,12 \mu\text{g L}^{-1}$  e  $0,14 \mu\text{g g}^{-1}$  de creatinina.

### *Chumbo*

As médias aritméticas e médias geométricas da concentração de chumbo em sangue, no presente estudo foram  $1,47$  e  $1,19 \mu\text{g dL}^{-1}$ , respectivamente. Um estudo realizado com crianças ambientalmente expostas, no Nordeste do Brasil, apresentou valor pouco superior ao encontrado nesse estudo, (GM =  $1,43 \mu\text{g dL}^{-1}$ ) (MENEZES-FILHO et al., 2011). Em São Paulo, o sangue de 653 indivíduos não fumantes e ocupacionalmente expostos foram coletados para a avaliação da concentração de chumbo, tendo como resultado o valor de  $2,71 \pm 1,55 \mu\text{g dL}^{-1}$  (KUNO et al., 2013). Dois estudos franceses também apresentaram valores médios superiores a esse estudo para chumbo em sangue. O primeiro encontrou os valores médios de 2,28 (MA) e  $1,88 \mu\text{g dL}^{-1}$  (MG) (NISSE et al., 2017) e o segundo, de  $2,57 \text{ dL}^{-1}$  (MG) (FALQ et al., 2011).

Valores relativamente similares foram encontrados em população coreana (MA: 2,22; MG: 1,91  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ) (LEE et al., 2012). No entanto, os níveis encontrados no segundo relatório de Biomonitoramento Humano realizado no Canadá (n=5700), apresentou média geométrica para chumbo em sangue de 1,2  $\mu\text{g dL}^{-1}$  (2009-2011), valor muito próximo ao encontrado nos residentes da área de estudo.

Participantes do estudo de exposição a metais do Projeto de Osteoartrite do Condado de Johnston (329 homens e 342 mulheres) foram submetidos à avaliação do Pb-S (mediana: 2,2 para homens e 1,9 para mulheres  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ) e biomarcadores bioquímicos do metabolismo do tecido articular. Os autores sugerem a possibilidade do chumbo desempenhar um importante papel na fisiopatologia da osteoartrite, mesmo em baixas concentrações (NELSON et al., 2011). Outras evidências de toxicidade do chumbo, mesmo em baixas doses, em humanos, são os efeitos adversos cardiovasculares e renais, disfunções cognitivas e desfechos reprodutivos (DE JESUS et al., 2018). Assim, o CDC (Centers for Disease Control and Prevention / NIOSH) indicou como referência para chumbo em sangue em adultos o valor de  $\leq 5\mu\text{g dL}^{-1}$ . TSOI et al (2016), analisaram os níveis de chumbo em sangue em 63.890 participantes do National Health Nutrition and Examination Survey 1999-2014. Esse amplo estudo mostrou ter havido uma tendência decrescente contínua nos níveis de chumbo em sangue na população dos EUA entre diferentes faixas etárias e etnia, após a implantação de medidas para a redução de chumbo no ambiente, (1999-2000: 1,66  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ; 2001-2002: 1,45  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ; 2003-2004: 1,43  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ; 2005-2006: 1,29  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ; 2007-2008: 1,27  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ; 2009-2010: 1,12  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ; 2011-2012: 0,97  $\mu\text{g dL}^{-1}$  e de 2013-2014: 0,84  $\mu\text{g dL}^{-1}$ ) (CDC, 2018). Essa pesquisa sugeriu que o nível de referência superior para o chumbo no sangue deve ser reduzido para 3,5  $\mu\text{g dL}^{-1}$ .

### ***Gênero***

Diferenças estatisticamente significativas entre homens e mulheres foram encontradas em alguns estudos envolvendo metais como Cd, Cu, Hg, Mn, Pb e Zn no sangue (BENES et al., 2000, SPONDER et al., 2014, LEE et al., 2014). A população de estudo apresentou maiores concentrações de “Cd-U”, “Cr-U” e “Pb-S” para o sexo masculino e “Mn-S” e “Mn-U” para o sexo feminino. A diferença entre "gênero" e "Pb-S" (p<0,001), “Mn-S” (p=0,003) e “Cr-U” (p=0,02) foram estatisticamente significativas.

Resultados de estudos envolvendo cádmio e gênero vem se mostrado bem divergentes. Berglund e colaboradores (2011) encontraram concentrações mais elevadas de cádmio em urina de mulheres nas faixas etárias de 30-50 anos (p<0,001) e 51-88 anos (p<0,01). Concentrações

mais elevadas de cádmio em sangue de homens foram encontradas num estudo realizado com 350 indivíduos na Tunísia ( $p < 0,001$ ) (KHLIFI et al., 2014). Cádmio urinário e gênero em estudo com população adulta espanhola ( $n=1770$ ) mostrou-se estatisticamente significativo (LÓPEZ-HERRANZ et al., 2015). Outros estudos relataram não ter encontrado diferença estatisticamente significativa para Cd-S em relação a gênero (GIL et al., 2011; FREIRE et al., 2015; NISSE et al., 2017).

Diferenças estatisticamente significativas para cromo em urina e gênero foram encontradas nesse estudo. Uma pesquisa realizada com 2000 residentes do Norte da França avaliou as diferenças entre gênero e metais, observaram, que os valores de cromo em sangue foram superiores nos indivíduos do sexo masculino ( $p = 0,0003$ ). Porém, as diferenças dos valores de cromo em urina em homens e mulheres não foram relevantes (NISSE et al., 2017). Outro estudo avaliou cromo em sangue, porém não obteve resultado positivo em relação a significância estatística (KHLIFI et al., 2014).

Assim como encontrado na população de estudo, valores de chumbo em sangue superiores em indivíduos do sexo masculino também foram observados em outros estudos ( $p < 0,05$ ) (BATÁRIOVÁ et al., 2006), ( $p < 0,01$ ) (KHLIFI et al., 2014), ( $p < 0,05$ ) (CÃNAS et al., 2014) e ( $p < 0,0001$ ) (NISSE et al., 2017). Um estudo brasileiro demonstrou que os níveis de chumbo em sangue foram significativamente correlacionados com gênero e idade (NUNES et al., 2010).

Uma pesquisa realizada por Oulhote e colaboradores a qual utilizou dados do National Health and Nutrition Examination Survey ( $n = 7720$ , com idades entre 1 e 80 anos) apresentou maiores níveis de manganês em mulheres, sugerindo haver diferenças metabólicas relacionadas ao sexo na regulação do manganês. Outro estudo realizado com a população de Matlab, Bangladesh também apresentou maiores concentrações de manganês para o sexo feminino. Por outro lado, maiores concentrações de Ca, Mg, Se e Zn foram encontradas nos homens (BERGLUND et al., 2011). A absorção de alguns metais pode aumentar durante períodos específicos da vida da mulher, como a menarca ou a menopausa, podendo causar deficiência de ferro (LEE et al., 2014). Tais informações corroboraram com os resultados encontrados na população do condomínio. Uma pesquisa demonstrou que os valores de manganês em sangue foram superiores em mulheres e em crianças do sexo feminino ( $p < 0,001$ ) (NISSE et al., 2017). Por outro lado, dois outros estudos, um no Brasil e outro na Itália, demonstraram que a concentração média de manganês no sangue era muito semelhante entre homens e mulheres na faixa etária de 18 a 65 anos (FREIRE et al., 2015; SARAVANABHAVAN et al., 2017). Nunes

e colaboradores (2010) também encontraram correlação significativa para manganês em sangue e gênero de população brasileira.

### ***Faixa etária***

Em relação a distribuição da concentração de metais por categorias etárias, estudos tem apontado resultados diferentes de acordo com cada metal e matriz estudada. Os níveis sanguíneos de Pb e Mn apresentou um comportamento um pouco diferente, mas o declínio na faixa etária de 31-37 anos foi similar em ambos. Por outro lado, todos os biomarcadores urinários (cádmio, cromo e manganês) tiveram níveis mais elevados na faixa etária entre 31 e 37 anos. Esse estudo não apresentou tendência ascendente dos níveis de metais de acordo com o aumento da idade ou diferença estatisticamente significativa para as faixas etárias estudadas. No entanto, tanto o aumento ascendente de acordo com a idade quanto diferenças estatisticamente entre grupos etários são comumente encontrados na literatura. Em menor escala, estudos não encontram diferença significativa entre os metais e os grupos etários estudados (BASU et al., 2011).

Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre metais como Cu, Zn, Ca, Mg, Pb ( $p = 0,008$ ), Mn ( $p < 0,001$ ), As, Cd e Hg (em sangue total) e idade foram encontradas num estudo recente em Wuhan, na região central da China ( $n = 477$ ) (ZENG et al, 2018). De acordo com a ATSDR (2012), a excreção urinária do cádmio aumenta de acordo com a idade, isso pode ser observado no estudo de Khelifi e colaboradores (2014), porém com cádmio em sangue total ( $p = 0,002$ ). Outro estudo demonstrou que a média/mediana da concentração de cádmio urinário aumentava de acordo com o avançar da idade (8-12 anos: 0,36/0,31; 14-15 anos: 0,50/0,40; 30-40 anos: 0,86/0,67; 41-50 anos: 1,1/0,81; 51-88 anos: 1,3/1,0) (BERGLUND et al., 2011). Uma pesquisa também realizada na China apresentou uma relação não-linear entre cádmio urinário (Cd -U) e idade (2,8 a 86,8 anos;  $n = 1235$ ). Mostrou que em homens não fumantes o cádmio em urina se estabilizou no organismo por volta dos 60 anos e nas mulheres não fumantes aos 50 anos e para cádmio em sangue, aos 30 anos, em ambos os sexos (SUN et al., 2016). Níveis de cádmio em urina também aumentaram com a idade em pesquisa realizada por Wilhelm e colaboradores (2004). Lee e colaboradores (2012) encontraram diferenças significativa entre chumbo ( $p < 0,05$ ) e manganês em sangue ( $p < 0,01$ ) e grupos etários em população coreana. Um estudo realizado com população adulta (18-65 anos) na Espanha ( $n = 1880$ ) apresentou diferença significativa para idade e chumbo em sangue (CĂNAS et al., 2014). Um estudo brasileiro relatou concentrações de chumbo em sangue inversamente proporcionais à idade para ambos os sexos

(FERREIRA e WERMELINGER, 2013). Embora a pesquisa de Khlifi e colaboradores (2014) tenha sido realizada com cádmio em sangue total, não houve diferença significativa nos diferentes grupos etários testados. Assim, como o encontrado nessa pesquisa.

A concentração média de alguns metais, em geral, segue a tendência de crescimento com o aumento da idade em ambos os sexos. Contudo, com o manganês ocorre o oposto, provavelmente por se tratar de um metal essencial. Embora não tenha sido encontrada diferença significativa entre manganês e faixa etária, pode ser observada que tanto a média quanto a mediana para sangue foram maiores na menor faixa etária “ $\leq 30$  anos”. Isso também ocorreu no estudo de Oulhote e colaboradores (2014) ( $n = 7720$ , com idades entre 1 e 80 anos). Para manganês em urina, as maiores concentrações foram encontradas na faixa etária entre “31 a 37 anos”, embora não significativa, o p-valor (0,07) foi próximo ao valor mínimo de significância estatística estipulado nesse estudo ( $p \leq 0,05$ ).

### ***Escolaridade***

Segundo alguns autores, a baixa escolaridade pode influenciar o desenvolvimento da capacidade perceptiva do risco (ZANGIROLANI et al., 2013; ABREU et al., 2015) por esse motivo essa variável foi avaliada. Um estudo brasileiro encontrou significância estatística para a variável escolaridade e cádmio em sangue (FREIRE et al., 2015). Outro encontrou para chumbo em sangue (p-valor  $< 0,001$ ) para as categorias: de 0 a 4, 5-11 e superior a 12 anos de estudo (KUNO et al., 2013). No entanto, esse estudo não apresentou diferença significativa entre os níveis de escolaridade e os metais estudados. Outro estudo também não obteve significância estatística para os mesmos metais estudados (BASU et al., 2011).

### ***Tabagismo***

A fumaça do cigarro contém espécies orgânicas e inorgânicas. A combustão do tabaco tem o potencial de fornecer quantidades perigosas de metais que pode gerar danos a saúde humana. Dessa forma, o hábito de fumar tem sido uma fonte importante de exposição a metais (DURAN et al., 2012). Contudo, o presente trabalho não encontrou diferença significativa entre o hábito de fumar e os metais estudados. Gil e colaboradores (2011) também não encontraram diferenças significativas entre fumo e Cd-U, Cr-U, Mn-S, Mn-U e Pb-S, assim como Sun e colaboradores (2016) também não encontraram para Cd-S e Cd-U em indivíduos ex fumantes e não fumantes. Por outro lado, estudos prévios apresentaram diferenças estatísticas entre essa

variável e os metais estudados como um estudo realizado por em cádmio em sangue e urina entre fumantes e não fumantes (RICHTER et al., 2017) ou àquele realizado numa área industrial no sul da Tunísia o qual apresentou correlação para cádmio em sangue ( $p < 0,0001$ ) (KHLIFI et al., 2014). Os fumantes apresentaram níveis mais elevados de cádmio na urina no estudo de Wilhelm e colaboradores (2004). Uma pesquisa brasileira (Acre), obteve significância para cádmio em sangue e tabaco ( $p < 0,0001$ ), porém o mesmo não ocorreu com o manganês em sangue (FREIRE et al., 2015). Nisse e colaboradores encontraram significância estatística para cádmio em sangue e urina ( $p < 0,0001$ ), chumbo em sangue e urina ( $p < 0,0001$ ) e manganês ( $p < 0,0001$ ) em sangue. No entanto, para manganês em urina e cromo em sangue e em urina os resultados não foram significativos. KUNO e colaboradores (2013) encontrou diferenças estatísticas para chumbo em sangue de população não exposta ao fumo. Uma pesquisa realizada com 5087 coreanos apontou diferença significativa com chumbo em sangue ( $p < 0,01$ ), cromo em urina ( $p < 0,01$ ), porém não foi significativo para manganês em sangue (LEE et al., 2012).

### ***Etilismo***

Apesar de não terem sido encontrados resultados estatisticamente significativos entre o "hábito de beber" e os metais analisados, sabe-se que o álcool pode aumentar a concentração de alguns metais no sangue e na urina, uma vez que algumas bebidas alcoólicas podem conter alto teor de metais. Em geral, aqueles que costumam ingerir grandes quantidades de bebidas têm níveis desses elementos nos fluidos biológicos superiores à média dos que não consomem álcool (SPONDER et al., 2014; ROCA et al., 2016).

Assim como relatado anteriormente para fumo, Gil e colaboradores (2011) também não encontraram diferenças significativas entre hábito de beber e metais (Cd-U, Cr-U, Mn-S, Mn-U e Pb-S). No entanto, um estudo realizado em São Paulo apresentou significância estatística para consumo de álcool e chumbo em sangue ( $p = 0,05$ ) (KUNO et al., 2013).

### ***Região do Brasil***

Essa variável buscou verificar se havia correlação entre morar dentro ou fora do Estado do Rio de Janeiro e os metais estudados. A diferença entre essa variável não se mostrou estatisticamente significativa para nenhum dos metais. Contudo, para manganês em sangue o p-valor (0,07) foi relativamente próximo a significância.

### ***Exposição Ambiental***

Nas áreas industriais, os sujeitos geralmente moram perto do trabalho e permanecem morando no mesmo lugar, mesmo depois da aposentadoria. Neste estudo, o tempo de exposição ambiental não se apresentou significativo para nenhum dos metais estudados. A bioacumulação de alguns metais (Mn, Cd, Fe e Ni) nos crânios de camundongos pretos (*Apodemus agrarius*) foi comparada em duas localidades na Sérvia. Na localidade não poluída, as concentrações de metais foram as mais altas no grupo mais jovem e as mais baixas nos animais mais velhos. No entanto, o oposto ocorreu na área poluída. Eles concluíram que a idade é importante para estimar o nível de exposição ambiental a metais e, segundo os autores, a bioacumulação é muito semelhante em mamíferos e os resultados poderiam ser extrapolados para o homem (BLAGOJEVIC et al., 2012).

### ***Ocupação***

Nesse estudo, observou-se que os níveis de chumbo em sangue nas profissões específicas foram mais elevados ( $p < 0,01$ ). No entanto, para cromo em urina, os valores médios para “outras profissões” foram superiores ( $p = 0,05$ ). Profissões específicas, principalmente aquelas que atuam diretamente com metais como metalurgia, soldagem e pintura devem ser observadas. Contudo a categoria “Desempregado ou do lar”, também precisa ser analisada uma vez que as pessoas tendem a passar mais tempo em casa, e conseqüentemente, tornam-se mais ambientalmente expostas.

### ***Morbidades diagnosticadas ou autopercebidas na população de estudo***

Cádmio em urina foi estatisticamente significativo para doenças de pele ( $p = 0,05$ ), sendo manchas hipercrômicas os sinais de doenças de pele mais frequentemente encontrados entre os residentes do condomínio. Correlação entre doenças de pele e cádmio não são comumente encontrados na literatura. Contudo, uma pesquisa representativa com 5927 indivíduos adultos (NHANES:2003-2006) demonstrou que graus mais elevados de psoríase foram encontrados em maiores concentrações de cádmio em sangue ( $p = 0,002$ ), isso ocorre pois o cádmio aumenta os



níveis de marcadores de inflamação, influenciando, diretamente no sistema imunológico. Vale lembrar que a psoríase é uma doença inflamatória da pele que origina-se de interações desreguladas do sistema imunológico (FANG-YIH et al., 2017). Outro estudo relatou que de 1502 pacientes testados com cloreto de cádmio (2%), 25 apresentaram doença de pele (eczema) (ATSDR, 2012). Outras doenças relacionadas a exposição ao cádmio podem afetar outros órgãos como do sistema nervoso (DE BURBURE et al., 2006; RODRÍGUEZ-BARRACO et al., 2014), sistema respiratório (ATSDR, 2012; NORDBERG et al., 2014), sistema renal (MESSAOUDI et al., 2009; THOMAS et al., 2009; ATSDR, 2012; ÅKESSON et al., 2014; WU et al., 2017), sistema esquelético (GALLAGHER et al., 2008; ENGSTRÖM et al., 2012; NORDBERG et al., 2014; ÅKESSON et al., 2014), sistema reprodutor (ZHAO et al., 2017), sistema cardiovascular (EUM et al., 2008; EVERETT e FRITHSEN, 2008; TELLEZ-PLAZA et al., 2008; AFRIDI et al., 2014; YU et al., 2018), sistema hematológico (NORDBERG et al., 2014), sistema endócrino (AFRIDI et al., 2008; BARREGARD et al., 2014; ROMANO et al., 2015; WU et al., 2017) e sistema imunológico (WU et al., 2017).

Cromo em urina não mostrou significância estatística para nenhuma das doenças analisadas. A literatura apresenta que os níveis de cromo se correlacionam com alterações nos sistemas: renal (ATSDR, 2012), respiratório (BAGATIN e COSTA, 2006; KLAASSEN, 2008; MORAES et al., 2010; ATSDR, 2012; CHERVONA et al., 2012), reprodutor (CAVALLINI et al., 2016), cardiovascular (KLAASEN, 2008; ATSDR, 2012; YU et al., 2018), hematológico (ZHANG et al., 2011, ATSDR, 2012), endócrino (MULLALLY, VOGELSANG e MOLITERANO, 2004; KLASSEN, 2008; ASTDR, 2012) e imunológico (KEEGAN et al., 2008).

O manganês em sangue mostrou-se estatisticamente significativo somente para doenças uroginecológicas ( $p=0,04$ ), sendo mulheres histerectomizadas (em virtude de miomas uterinos) as mais frequentes na população de estudo. No entanto, manganês em urina não foi estatisticamente significativo para nenhuma das morbidades analisadas. Alguns estudos apontaram alterações no sistema reprodutor de indivíduos expostos ao manganês (WIRTH et al., 2007; ELLINGSEN et al., 2007; VIGEHE et al., 2008; ZOTA et al., 2009; JIN-HEE et al., 2014; NORDBERG et al., 2014; KIM et al., 2018; ASHLEY-MARTIN et al., 2018). Mutafchiev e colaboradores (2007) realizaram um estudo com dois grupos de pacientes, cujo objetivo foi verificar a concentração de manganês em plasma de mulheres com miomas ( $n=22$ ) e mulheres sem mioma ( $n=25$ ). No entanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos e manganês em plasma. Kim e colaboradores (2018) verificaram que em

mulheres com ovários policísticos os níveis de manganês eram mais elevados e que a deficiência de ferro também estava associada a infertilidade ovulatória.

A literatura apresenta associações entre exposição a manganês e alterações no organismo como no sistema nervoso central (FINKELSTEIN et al., 2007; HOWLES et al., 2012; NORDBERG et al., 2014; LONG et al., 2014; BATES et al., 2015; MA et al., 2018), no sistema respiratório (NORDBERG et al., 2014; HUANG et al., 2016), no sistema cardiovascular (AFRIDI et al., 2011; NORDBERG et al., 2014), no sistema hematológico (SMITH et al., 2013; NORDBERG et al., 2014), no sistema endocrinológico (SORIA et al., 2015; KIM et al., 2018) e no sistema imunológico (NORDBERG et al., 2014).

Para chumbo em sangue, nenhuma das morbidades avaliadas apresentou-se estatisticamente significativa. No entanto, doenças neuropsiquiátricas foi a morbidade que mais se aproximou a significância estatística ( $p=0,07$ ). Efeitos neuropsicológicos, relacionados ao chumbo, foram bem documentados em alguns estudos (DE BURBURE et al., 2006; LIU et al., 2013; POWER et al., 2014). Embora não tenham sido encontradas associações com outras doenças nesse estudo, a literatura apresenta correlações entre a exposição ao chumbo e doenças respiratórias (JURDZIAK et al., 2015), doenças renais (DE BURBURE et al., 2006, ATSDR, 2007), sistema reprodutor (APOSTOLI & CATALANI, 2011; SOUZA et al., 2014, CAVALLINI et al., 2016), sistema cardiovascular (mesmo em concentrações abaixo de  $5 \mu\text{g dL}^{-1}$  de chumbo no sangue) (ATSDR, 2007; CHIEN-CHOU et al., 2013), sistema hematológico (ATSDR, 2007; ORTEGA et al., 2013, KIRA et al., 2014, MOAWAD et al., 2016), sistema imunológico (WU et al., 2018).

### ***Parâmetros hematológicos e metais na população de estudo***

Os valores de referência para o perfil hematológico utilizados foram: hemácias (mulheres:  $4,00-5,40 \text{ M mL}^{-1}$ ; homens:  $4,50-6,10 \text{ M mL}^{-1}$ ), hemoglobina (mulheres:  $12,0-16,0 \text{ g dL}^{-1}$ ; homens:  $13,50-17,50$ ), hematócrito (mulheres:  $36,0-46,0\%$ ; homens:  $41,0-53,0 \%$ ), leucócitos ( $4,00-10,00 \text{ } 10^3 \text{ mm}^{-3}$ ) e linfócitos ( $20,00-32,00\%$ ). A média dos parâmetros hematológicos analisados encontram-se dentro dos valores utilizados para esse estudo, excetuando-se os linfócitos que se apresentaram um pouco acima do valor de referência ( $34,38 \%$ ).

Como pode ser observado na tabela 9, foram mostradas correlações significativas entre alguns perfis hematológicos e alguns metais estudados. Para chumbo em sangue foram apresentadas correlações com “hemácias”, “hemoglobina”, “hematócrito”. Um estudo

brasileiro realizado com objetivo de comparar os níveis sanguíneos de 53 trabalhadores expostos ocupacionalmente ao chumbo com um grupo controle (não exposto a agentes químicos ou físicos), avaliou a concentração de chumbo sérico, contagem de hemácias (eritrócitos), hematócrito e dosagem de hemoglobina. Foi, então, observado nesse estudo que o número de hemácias, hematócrito e leucócitos foram superiores no grupo controle quando comparados ao grupo exposto. No entanto, somente a concentração de hemoglobina apresentou diferença estatisticamente significativa entre o grupo exposto ( $4,87 \pm 0,49 \text{ M mL}^{-1}$  /  $13,7 \pm 1,4 \text{ g dL}^{-1}$ ) e o controle ( $5,00 \pm 0,37 \text{ M mL}^{-1}$  /  $14,5 \pm 1,0 \text{ g dL}^{-1}$ ) (MINOZZO et al., 2009). As concentrações médias de hemácias e de hemoglobina no grupo exposto foi muito semelhante ao valor encontrado nesse estudo ( $4,86 \text{ M mL}^{-1}$  /  $13,8 \text{ g dL}^{-1}$ ). O estudo de MINOZZO e colaboradores (2009) apresentaram percentual de hematócrito de 42,5% (grupo exposto) e 43,6 (grupo controle). Embora o valor do grupo controle tenha sido maior, esse valor não foi estatisticamente significativo. No entanto, o presente estudo apresentou resultado ainda menor (41,24%) àqueles encontrados no estudo de MINNOZZO e colaboradores (2009). Mesmo tendo sido encontrados resultados baixos para chumbo em sangue na população do condomínio Volta Grande IV, o percentual de eritrócitos, foi semelhante ao encontrado no estudo anteriormente mencionado, tal estudo relatou que a redução do percentual do número de hemácias pode estar relacionada à diminuição da síntese do grupo heme (comumente encontrado em casos de intoxicação por chumbo). Nesse processo, várias etapas podem ocorrer como a inibição das enzimas ácido  $\mu$ -amino levulínico (ALA) sintase,  $\delta$ -aminolevulínico desidratase (ALA-D), coproporfirinogênio descarboxilase e ferroquelatase, incluindo diminuição do tempo de meia-vida das hemácias (ATSDR, 2007; MINOZZO et al., 2009; ORTEGA et al., 2013, KIRA et al., 2014). Fan e colaboradores (2014), observaram associação positiva entre exposição ao chumbo e teor de ferro corporal em indivíduos portadores do genótipo H63D.

Um outro estudo realizado no Cairo, Egito avaliou a concentração de chumbo e hemoglobina em 400 crianças e adolescentes de 6 a 18 anos altamente expostos ( $43,3 \mu\text{g dL}^{-1}$ ). Os maiores valores de chumbo em sangue apresentaram os menores valores de hemoglobina ( $8,6 \text{ g dL}^{-1}$ ) (MOAWAD et al., 2016). Diferença significativa ( $p < 0,001$ ) foi encontrada entre indivíduos ocupacionalmente expostos ( $11,4 \text{ g dL}^{-1}$ ) residentes em Gujarat, na Índia ( $n=200$ ) e indivíduos não expostos ( $14,9 \text{ g dL}^{-1}$ ) oriundos da mesma área de estudo (NARIYA et al., 2017).

Embora a concentração encontrada nos residentes do condomínio tenha sido menor, não se pode descartar a possibilidade de alterações bioquímicas, tais alterações podem demonstrar algum dano no organismo. A redução do tempo de vida dos glóbulos vermelhos é uma das

características mais frequentes da anemia. Outro autor também enfatiza que a anemia possa estar associada a exposição a agentes químicos (BRITES et al., 2018), incluindo metais. Dos 133 indivíduos participantes da pesquisa, 11,3% apresentam ou apresentaram quadro de anemia. Vale lembrar que a anemia não é considerada uma manifestação precoce de exposição a chumbo e sim, um dos possíveis desfechos, visto que seu desenvolvimento pode ser contribuído em virtude de alterações das cadeias globulínicas  $\alpha$  e  $\beta$ , dentre outras (SOUZA; TAVARES, 2009). Outro metal que também é encontrado em maiores quantidades em pacientes com anemia ou deficiência de ferro é o manganês, isso porque o manganês e o ferro são estruturalmente semelhantes (FITSANAKIS et al., 2010; RAHMAN et al., 2013). Kim e colaboradores (2017), realizaram um estudo cujo objetivo foi analisar a relação entre o nível de manganês no sangue ( $8,30 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e anemia em 334 pacientes com doença renal crônica (DRC). Os resultados demonstram que o nível de Mn no sangue está positivamente associado ao nível de hemoglobina em pacientes com deficiência renal crônica. Outro estudo realizado na Inglaterra com crianças de 1 a 6 anos ( $n = 225$ ) determinou a concentração de manganês em sangue total, hemoglobina, ferritina, dentre outros. Verificaram, então, que crianças com anemia por deficiência de ferro apresentaram concentrações (medianas) de manganês mais elevadas do que crianças com concentração normal de ferro, sugerindo que crianças com anemia por deficiência de ferro poderiam estar em risco de toxicidade por manganês (SMITH et al., 2013). Essa afirmação também pode ser observada em outros estudos (FITSANAKIS et al., 2010; RAHMAN et al., 2013).

Manganês em urina e leucócitos apresentou-se estatisticamente significativo no presente estudo ( $p=0,009$ ). Contudo não existem muitos estudos que relatem essa correlação. Um estudo realizado *in vitro* teve como objetivo avaliar possível dano celular causado pelo Mn a células leucocitárias humanas, através do teste de viabilidade celular.

A avaliação da viabilidade celular demonstrou não haver diferença entre o número de células inviáveis entre o controle negativo e as concentrações de  $5,0 \mu\text{g mL}^{-1}$  e  $10 \mu\text{g mL}^{-1}$ . No entanto, em maiores concentrações, 15, 20 e  $25 \mu\text{g mL}^{-1}$  houve diferença estatística ( $p < 0,001$ ) entre o aumento do número de células inviáveis e a concentração de manganês. Conclui-se, que a citotoxicidade do Mn sobre os leucócitos humanos, nas condições experimentais testadas, apresentou um efeito dose-dependente a partir de  $15 \mu\text{g mL}^{-1}$  e um elevado nível de dano para a concentração de  $25 \mu\text{g mL}^{-1}$  (DECORATO et al., 2013).

Outra correlação estatisticamente significativa encontrada nesse estudo foi para Cr-U e “hemoglobina” ( $p=0,03$ ) e Cr-U e “hematócrito” ( $p=0,03$ ). Índices hematológicos de 92 homens com idade entre 20 e 60 anos foram comparados com 79 homens do grupo controle. Ambos os

grupos foram subdivididos em quatro grupos etários com intervalo de 10: grupo A, 20-29 anos; grupo B, 30-39 anos; grupo C, 40-49 anos; grupo D, 50-60 anos. A contagem total de eritrócitos (TEC) foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) no grupo exposto nas faixas etárias A, B e C do que os controles. O percentual de hemoglobina corpuscular média (HCM) foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) no grupo exposto para o grupo etário D (RAMZAN et al., 2011). Ray (2016) menciona em seu estudo que camundongos suíços após duas semanas de tratamento intraperitoneal com Cr (VI), tiveram o número de leucócitos e eritrócitos reduzidos drasticamente. Relata, ainda que o excesso de Cr (VI), não reduzido no plasma, pode entrar nos eritrócitos e linfócitos e, em roedores, induzir anemia microcítica. Os efeitos tóxicos do cromo (VI) incluem lesão mitocondrial e danos no DNA das células sanguíneas que levam à carcinogenicidade. Um estudo epidemiológico de corte transversal ( $n=304$ ) foi realizado na Grécia para investigar os resultados de saúde associados à exposição a longo prazo ao cromo via água potável. Foram encontradas associações negativas fracas para dose de exposição a cromo e perfil hematológico (hematócrito e hemoglobina) (SAZAKLI et al, 2014). Diminuições nas concentrações de hemoglobina e discretos aumentos no tempo de sangramento também foram observados em trabalhadores expostos ao cromo trivalente em uma fábrica de curtumes em Leon, México (ATSDR, 2012).

Essas evidências são fundamentais para se destacar a importância de um monitoramento em regiões de possíveis exposições, principalmente no que se refere a metais sem nenhuma função fisiológica para seres humanos como é o caso do cádmio e do chumbo. Avaliar somente a concentração do elemento no organismo é desconsiderar que cada indivíduo possui características e suscetibilidades próprias. Vale ressaltar que são vários os parâmetros biológicos que podem ser alterados em consequência da interação entre o agente químico e o organismo, incluindo uma alteração bioquímica precoce (AMORIM, 2003).

## AMOSTRAS AMBIENTAIS

### *Metais em água de torneira*

Embora nenhuma das amostras tenha excedido o limite máximo estabelecido pelas organizações governamentais como pode ser visto na tabela 12. Esses valores quando comparados a literatura são muito elevados ainda mais por alguns metais serem conhecidamente carcinogênico. Os metais na água podem entrar facilmente no corpo por ingestão, acumulando-se nos tecidos adiposos ou depositando-se no sistema circulatório devido à sua toxicidade e não biodegradabilidade (GENG et al., 2016).

Tabela 12: Comparação entre os valores máximos possíveis estabelecidos por diferentes organizações governamentais para água.

METAL	PRC N°5 MS <sup>1</sup>	CETESB	WHO	EPA
Cd	5	10	3	5
Cr	50	59	50	100
Mn	100	500	100	-
Pb	10	33	10	Zero

<sup>1</sup>Ministério da Saúde, Portaria de Consolidação N°5 de 28 de setembro de 2017 (Origem: Portaria N°2914/2011).

<sup>2</sup>WHO 2011. <sup>3</sup>CETESB 2017. <sup>4</sup>EPA 2018. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

Geng e colaboradores (2016) realizaram um estudo em duas regiões da China (Tibet e Mongólia) e, em ambas, os valores médios para cádmio e cromo foram superiores aos encontrados no condomínio. Para manganês, a região do Tibet ( $0,33 \mu\text{g L}^{-1}$ ) as concentrações foram inferiores as encontrados na tese. No entanto, na região da Mongólia ( $17,37 \mu\text{g L}^{-1}$ ) foram obtidos valores médios superiores aos aqui encontrados (maior concentração média:  $8,73 \mu\text{g L}^{-1}$ , 2ª campanha). Para chumbo em água os valores médios foram semelhantes (Tibet:  $0,12$ ; Mongólia:  $0,11 \mu\text{g L}^{-1}$ ) aos encontrados nas águas das residências do Condomínio Volta Grande IV. Um outro estudo realizado em Shenzhen, China apresentou resultados médios (planta A) inferiores aos encontrados nesse estudo, excetuando-se para chumbo (LU et al., 2014).

### ***Metais em poeira doméstica***

Vários estudos identificaram a poeira doméstica como uma importante rota de exposição a metais (TURNER e HEFZI, 2010; KUO et al., 2012; ZHENG et al.; 2013; RASMUSSEN et al., 2013; EL-DESOKY et al., 2014; GUNIER et al., 2014; BI et al., 2015; YANG; CHEN; LI, 2015; WAN et al., 2015). Frequentemente, os níveis de poluentes encontrados na poeira doméstica, são fontes significativas de exposição para a população em geral. Análises das concentrações de metais em poeira doméstica podem fornecer informações valiosas para a avaliação da exposição em ambientes internos. A poeira doméstica pode entrar no corpo

humano por inalação de partículas suspensas, pela ingestão não-alimentar de poeira, pela ingestão de partículas aderidas a alimentos, bem como pela absorção a pele (BUTTE et al., 2002). Nesse estudo, como descrito na metodologia, a poeira doméstica foi dividida em poeira doméstica interna e poeira doméstica externa. Verificou-se que, em sua maioria, a poeira doméstica apresentou resultados mais elevados no que se refere a poeira doméstica externa (cromo: 61,6%; manganês: 46,0% e chumbo: 65,0%), o que era de se esperar uma vez que áreas externas, por serem abertas (em sua maioria), tornam-se mais expostas a uma maior deposição desses metais, e por vezes, a frequência de limpeza é inferior ao interior das residências. Por outro lado, a concentração de cádmio, mostrou-se superior no interior das residências. Esse resultado pode estar associado ao hábito de fumar (31,6% dos entrevistados são fumantes), uma vez que o cádmio está presente na composição do cigarro. Vários estudos apresentam correlação significativa entre o hábito de fumar e um aumento da concentração de cádmio no organismo (WILHELM et al., 2004; FREIRE et al., 2015; RICHTER et al., 2017).

As amostras de poeira doméstica foram calculadas em  $\mu\text{g m}^{-3}$  e em  $\mu\text{g m}^{-2}$ . O cálculo em  $\mu\text{g m}^{-2}$  foi utilizado pois a metodologia usou uma área específica (0,30 x 0,30). No entanto, existe uma escassez na literatura em relação a resultados expressos em  $\mu\text{g m}^{-2}$  para poeira doméstica, a maior parte da literatura vem apresentando resultados em  $\mu\text{g g}^{-1}$ , mas foram encontrados alguns estudos em  $\mu\text{g m}^{-2}$  e em  $\mu\text{g m}^{-3}$  reportados abaixo.

Resultados encontrados em um estudo realizado nas cidades interioranas de Jiji, Shuili e Shinyi, localizadas em Taiwan, foram  $0,0357 \mu\text{g m}^{-3}$  para manganês e  $0,0102 \mu\text{g m}^{-3}$  para chumbo (KUO et al., 2012), tais valores foram muito inferiores aos encontrados nas residências do Condomínio Volta Grande IV ( $\text{Mn}_{\text{poeira externa}} = 2760 \mu\text{g m}^{-3}$ ;  $\text{Mn}_{\text{poeira interna}} = 1279 \mu\text{g m}^{-3}$ ). Um estudo canadense, também apresentou valores medianos inferiores ( $0,3 \mu\text{g m}^{-2}$  para cádmio,  $7,7 \mu\text{g m}^{-2}$  para cromo e  $8,3 \mu\text{g m}^{-2}$  para chumbo) aos encontrados nesse estudo ( $\text{Cd}_{\text{poeira externa}} = 1,36 \mu\text{g m}^{-2}$ ,  $\text{Cd}_{\text{poeira interna}} = 2,76 \mu\text{g m}^{-2}$ ;  $\text{Cr}_{\text{poeira externa}} = 104,5 \mu\text{g m}^{-2}$ ,  $\text{Cr}_{\text{poeira interna}} = 148,5 \mu\text{g m}^{-2}$ ;  $\text{Pb}_{\text{poeira externa}} = 33,57 \mu\text{g m}^{-2}$ ,  $\text{Pb}_{\text{poeira interna}} = 20,61 \mu\text{g m}^{-2}$ ) (RASMUSSEN et al., 2013).

Whitehead e colaboradores (2015), avaliaram a relação entre o risco de leucemia linfoblástica aguda (LLA) na infância e os níveis de metais na poeira do tapete. Os participantes do estudo, tanto os casos (n=142) quanto os controles (n=187), fazem parte do “Estudo sobre a Leucemia Infantil na Califórnia”. Os valores encontrados no grupo exposto foram: Cd: 2,1; Cr: 57,0 e Pb:48,0  $\mu\text{g m}^{-2}$  e para o controle foram: Cd: 2,4; Cr: 57,0 e Pb:59,0  $\mu\text{g m}^{-2}$ . Os valores encontrados nas residências do condomínio foram superiores tanto para os casos quanto para os controles.

Uma pesquisa realizada na região de Falaj Al-Qabail, em Omã (situada na costa sudeste da Península Arábica), também encontrou valores médios abaixo ( $\text{Cr}= 0,0030$ ;  $\text{Mn}= 0,0029$  e  $\text{Pb}= 0,0032 \mu\text{g m}^{-3}$ ) dos encontrados nesse estudo (ABDUL-WAHAB e YAGHI, 2004). Esse mesmo estudo avaliou poeira em área industrial urbana dentro da província de Al Asimah no Estado do Kuwait e os resultados também foram inferiores aos encontrados na população do Condomínio Volta Grande IV, sendo esses:  $\text{Cr}=0,0047$ ,  $\text{Mn}= 0,0039$  e  $\text{Pb}= 0,0302 \mu\text{g m}^{-3}$ .

Um estudo brasileiro realizado em áreas circunvizinhas a uma fonte de emissão estacionária de chumbo foi o único que apresentou concentrações mais elevadas aos encontrados nos residentes da área de estudo. Os valores (medianas) foram analisados de acordo com a distância da fonte estacionária, sendo esses: 113,9 (25m); 15,6 (50m) e 37,0  $\mu\text{g m}^{-2}$  (500m) (QUITERIO et al., 2001).

### ***Metais no ar atmosférico***

O ar ambiente contém uma mistura complexa de componentes tóxicos, incluindo metais em sua composição (MAGALHÃES et al., 2010; WHANG et al., 2018). A inalação de metais pode gerar diversos efeitos sobre a saúde humana. Tal efeito é influenciado pelo tamanho das partículas, concentrações dos metais, suas características físico-químicas, solubilidade nos fluidos biológicos, o tempo total da exposição e o estado de saúde da população (MAGALHÃES et al., 2010).

Por problemas técnicos, a tese contempla somente três coletas de ar atmosférico (a primeira foi realizada em julho de 2016, segunda em novembro de 2016 e a terceira em novembro de 2017), as quais incluem somente cádmio, cromo e manganês. A concentração de cádmio em ar variou de 0,25 até 0,71  $\text{ng m}^{-3}$  (1ª campanha), de 0,15 a 1,36  $\text{ng m}^{-3}$  (2ª campanha) e de 0,11 a 0,63  $\text{ng m}^{-3}$  (3ª campanha), os níveis de cromo variaram de 2,96 a 8,51  $\text{ng m}^{-3}$  (1ª campanha), 0,43 a 3,61  $\text{ng m}^{-3}$  (2ª campanha) e de 0,62 a 2,28  $\text{ng m}^{-3}$  (3ª campanha) e os valores de manganês diversificaram de 36,13 a 105,00  $\text{ng m}^{-3}$  (1ª campanha), 12,97 a 61,53  $\text{ng m}^{-3}$  (2ª campanha) e de 16,42 a 58,83  $\text{ng m}^{-3}$  (3ª campanha).

Em relação aos valores estabelecidos pelas Agências Governamentais apresentados na Tabela 13, o cádmio e o cromo total encontram-se dentro dos valores permitidos em todas as campanhas. Em virtude do resíduo de aciaria conter  $\text{Cr}^{+6}$ , o valor de cromo total certamente contém cromo hexavalente. Caso o cromo total seja, em sua maioria, composto de cromo hexavalente, o valor encontrado nesse estudo seria preocupante. No entanto, a técnica utilizada não permite quantificar cromo hexavalente. No que se refere ao manganês, as concentrações no



ar, nesse estudo, foram superiores aos valores limites estabelecidos pelas Agências Governamentais, principalmente na primeira campanha ( $0,084 \mu\text{g m}^{-3}$ ).

Tabela 13: Comparação entre os valores máximos possíveis estabelecidos por diferentes organizações governamentais para ar

METAL	U.S.N.A.A.C. <sup>1</sup>			EPA		ATSDR <sup>6</sup>		E.U. <sup>7</sup>
	RURAL	URBANA	INDUSTRIAL	RfC <sup>4</sup>	AGUDO	INTERMEDIÁRIO	CRÔNICO	
Cd	0,001	0,008	0,6	0,01	0,03	-	0,01	0,005
Cr	0,002	0,02	0,4	0,01 <sup>5</sup>	-	-	-	-
Cr <sup>+6</sup>	0,0001	0,0016	0,0153	0,008 <sup>2</sup> /0,1 <sup>3</sup>	-	0,1	0,005	-
Mn	0,001	0,02	0,3	-	-	0,005	0,3	-

<sup>1</sup> U.S. NATIONAL AMBIENT AIR CONCENTRATIONS (produzidos com dados da EPA, ATSDR, HAZARDOUS SUBSTANCES DATABASE (HSDB) e/ou WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO).

<sup>2</sup> Valor para aerossóis. <sup>3</sup> Valor para particulados. <sup>4</sup> RfC: Concentração de Referência (não câncer). <sup>5</sup> HI: alto risco (não câncer). <sup>6</sup> ATSDR MRL: Nível de Risco Mínimo. <sup>7</sup> UNIÃO EUROPÉIA. Os valores foram expressos em  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Fonte: EPA (2010).

A média total de todas as coletas realizadas no Condomínio Volta Grande IV foi: Cd:  $0,42$ ; Cr:  $2,57$  e Mn:  $45,86 \text{ ng m}^{-3}$ ). Um estudo realizado em dois pontos no centro de Estocolmo (T.T.: topo de um telhado e C.U.: cânion urbano) apresentou resultados menores para cádmio (T.T.:  $0,11$ ; C.U.:  $0,12 \text{ ng m}^{-3}$ ), cromo (T.T.:  $2,3$ ; C.U.:  $6,1 \text{ ng m}^{-3}$ ) e manganês (T.T.:  $5,5$ ; C.U.:  $15,6 \text{ ng m}^{-3}$ ) quando comparados aos encontrados nesse estudo, exceto para cromo no cânion urbano (JOHANSSON; NORMAN; BURMAN, 2009). Um outro estudo realizado na região do Volta Grande apresentou médias para cromo de  $4,0 \text{ ng m}^{-3}$ , para cádmio de  $0,0 \text{ ng m}^{-3}$  e para manganês de  $65,0 \text{ ng m}^{-3}$ , as médias de cádmio e manganês foram superiores aos encontrados nesse estudo. No entanto, cádmio obteve média total de  $0,42 \text{ ng m}^{-3}$ .

### *Parâmetros meteorológicos*

De acordo com o padrão de medidas de vento em superfície da Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 2000), vento de  $1$  a  $3 \text{ m/s}$  são considerados ventos fracos, de  $2$  a  $4 \text{ m/s}$  e de  $3$  a  $5 \text{ m/s}$  são brisa suave e de  $5$  a  $8,7 \text{ m/s}$  são brisa moderada (OLIVEIRA JR et al., 2013).

Assim, a classe predominante, neste estudo, foi brisa suave, possuindo duas variações: 2,10 a 3,60 m/s (11,3%) e 3,60 a 5,70 m/s (14,2%). E em menor percentual, a brisa moderada (2,83%). O regime médio da velocidade do vento no período estudado, não se modificou muito. Caso os dados coletados pela Estação meteorológica de Resende, represente a realidade da região do Condomínio Volta Grande IV, os ventos, predominantemente, brisa suave, implicaria na dificuldade de dispersão dos poluentes. Influenciando, assim, negativamente a qualidade do ar na região.

#### ***Distribuição das concentrações de cádmio, cromo, manganês e chumbo na população do Condomínio Volta Grande IV***

Em virtude da classe de vento (durante as campanhas), em sua maioria, ser classificada como brisa leve, muito provavelmente, as partículas de metais se depositaram próximas a fonte (resíduo de escória). Embora as células estejam situadas no bloco 225 (o qual apresentou maiores valores de manganês em ar), o resíduo de escória, em virtude da sua dimensão, abrange vários blocos. Os blocos mais próximos a escória são o 100, 140, 180 e 220, justamente os blocos que apresentaram maiores concentrações, principalmente em matrizes ambientais. Os blocos 300 e 340, mais distantes do passivo foram os que apresentaram as menores concentrações de metais. Mesmo havendo uma fábrica de concreto no bloco 340, para esse estudo, essa fonte não se mostrou tão representativa, uma vez que o bloco 340 não apresentou níveis altos para nenhuma das amostras estudadas.

## 12. CONCLUSÃO

Em virtude do crescimento populacional e por consequência do aumento da industrialização, um volume significativo de resíduos são gerados. Esses resíduos, especialmente os industriais, quando dispostos inadequadamente geram danos no ambiente, muitas vezes irreversíveis e esses danos pode comprometer a saúde de populações circunvizinhas e animais que por ali circulam. Todo passivo ambiental tem um responsável que por lei deve promover investimentos em prol de ações a fim de amenizar os danos causados ao ambiente.

Os problemas e temas ambientais fazem convergir uma série de interesses que não podem ser vistos sob uma só ótica. A utilização inadequada do ecossistema eleva o potencial de alterações ecológicas, as quais podem, por sua vez, gerar efeitos catastróficos sobre os processos econômicos, sociais e políticos, dos quais o bem-estar humano e a boa saúde são dependentes. Isso sugere que uma abordagem preventiva com relação à proteção ambiental configura-se como a mais apropriada para proteger e melhorar a saúde da população.

Os resultados deste estudo apontam que algumas concentrações de metais tanto em matrizes biológicas quanto ambientais encontram-se mais elevadas quando comparadas a outros estudos em literatura, como é o caso do cádmio e cromo. E mesmo os que apresentaram valores consideravelmente baixos, demonstraram correlação com parâmetros hematológicos, que indicam alterações metabólicas. Cádmio e manganês apresentaram correlação com algumas doenças encontradas na população. Essas evidências devem ser levadas em consideração, assim como a frequência de algumas doenças como é o caso das doenças respiratórias, que mesmo não tendo sido estatisticamente significativa quando comparados aos metais estudados, elas possuem percentual bastante elevado.

O monitoramento ambiental e biológico como medida de investigação é de fundamental importância nesse tipo de estudo, pois quanto mais parâmetros existirem (medições contínuas), melhor será a compreensão acerca da complexidade dessa exposição. Desta forma, a avaliação da exposição a substâncias químicas melhora a compreensão da contaminação e possibilita a adoção de políticas públicas adequadas.

## REFERÊNCIAS

ABDUL-WAHAB, S. A., YAGHI, B. Total suspended dust and heavy metal levels emitted from a workplace compared with nearby residential houses. **Atmospheric Environment**, v.38, n.5, pp.745–750, 2004.

ABNT NBR 16029/2013. Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas.

ABREU, N.J.A.; ZANELLA, M.L. Perception of flood risks: case study in the Guabiraba neighborhood, Maranguape – Ceará. *Revista OKARA: Geografia em debate*, v.9, n.1, pp.90-107, 2015.

AFRIDI, H.I.; KAZI, T.G.; KAZI, N.; JAMALI, M.K.; ARAIN, M.B.; JALBANI, N.; JALBANI, N.; BAIG, J.A.; SARFRAZ, R.A. Evaluation of status of toxic metals in biological samples of diabetes mellitus patients. **Diabetes Res Clin Pract**, v.80, n.2, pp.280-288, May 2008.

AFRIDI, H.I.; KAZI, T.G.; KAZI, N.; SIRAJUDDIN, K.G.A.; BAIG, J.A.; SHAH, A.Q.; JAMALI, M.K.; ARAIN, M.B.; WADHWA, S.K.; KHAN, S.; KALACHI, N.F.; SHAH, F. Chromium and manganese levels in biological samples of Pakistani myocardial infarction patients at different stages as related to controls. **Trace Elem Res.**, v.142, n.3, pp.259-273, Sep 2011.

AFRIDI, H.I.; KAZI, T.G.; TALPUR, F.N.; KAZI, A.; ARAIN, S.S.; ARAIN, S.A.; BRAHMAN, K.D.; PANHWAR, A.H.; NAEEMULLAH, SHEZADI, M.; ALI, J. Interaction between essential elements selenium and zinc with cadmium and mercury in samples from hypertensive patients. **Biol Trace Elem Res**, v.160, n.2, pp.185-196, Aug 2014.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Cadmium. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. U.S. Government Printing Office, USA, 2012. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=48&tid=15>>. Acesso em: março de 2017.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Chromium. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. U.S. Government Printing Office, USA, 2012. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=62&tid=17>>. Acesso em: julho de 2017.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Lead. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. U.S. Government Printing Office, USA, 2007. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=96&tid=22>>. Acesso em: julho de 2017.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Toxicological Profile for Manganese. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. U.S. Government Printing Office, USA, 2012. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=102&tid=23>>. Acesso em: julho de 2017.

ÅKESSON, A.; BARREGARD, L.; BERGDAHL, I.A.; NORDBERG, G.U.; NORDBERG, M.; SKERFVING, S. Non-Renal Effects and the Risk Assessment of Environmental Cadmium Exposure. **Environ Health Perspect**, v.122, n.5, pp.431-438, may 2014.

ALMEIDA, A.S.; MEDRONHO, R. A.; WERNECK, G.L. Identification of risk areas for visceral leishmaniasis in Teresina, Piauí State, Brazil. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**. May 1, p. 84, n.5, 2011.

AMORIM, L.C.A. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. **Rev. bras. epidemiol.**, v.6, n.2, 2003.

ANDRADE, V.L.; MATEUS, M.L.; BATORÉU, M.C.; ASCHNER, M.; SANTOS, A.P. Lead, arsenic and manganese metal mixture exposures: focus on biomarkers of effect. **Biol Trace Elem Res.**, v.166, n.1, pp.13-23, July 2015.

ANTUNES, S.A.; CANZIANI, M.E.F. Hpcidina: um importante regulador do metabolismo de ferro na doença renal crônica. **J Bras Nefrol.**, v.38, n.3, pp.351-355, 2016.

APEL, P.; ANGERER, J.; WILHELM, M.; KOLOSSA-GEHRING, M. New HBM values for emerging substances, inventory of reference and HBM values in force, and working principles of the German Human Biomonitoring Commission. *International Journal of Hygiene and Environment Health*, v.220, n.2, pp.152-166, 2017.

APOSTOLI, P.; CATALANI, S. POSTOLI. Metal ions affecting reproduction and development. **Met Ions Life Sci.**, v.8, pp.263-303, 2011.

ARDINI, M.; HOWES, B.D.; FIORILLO, A.; FALVO, E.; SOTTINI, S.; ROVAI, D.; LANTIERI, M.; ILARI, A.; GATTESCHI, D.; SPINA, G.; CHIANCONE, E.; STEFANINI, S.; FITTIPALDI, M. Study of manganese binding to the ferroxidase centre of human H-type ferritin. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v.182, pp.103-112, 2018.

ASHLEY-MARTIN, J.; DODDS, L.; ARBUCKLE, T.E.; ETTINGER, A.S.; SHAPIRO, G.D.; FISHER, M.; MONNIER, P.; MORISSET, A.S.; FRASER, W.D.; BOUCHARD, M.F. Maternal and cord blood manganese (Mn) levels and birth weight: The MIREC birth cohort study. **Int J Hyg Environ Health**, v.221, n.6, pp.876-882, Jul 2018.

AZEVEDO, F.A. e CHASIN, A.A.M. As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia. 1 ed. **São Paulo: RiMa**, 2003.

BAEYENS, W.; VRIJENS, J.; GAO, Y.; CROES, K.; SCHOETERS, G.; DEN HOND, E.; SIOEN, I.; BRUCKERS, L.; NAWROT, T.; NELEN, V.; VAN DEN MIEROOP, E.; MORRENS, B.; LOOTS, I.; VAN LAREBEKE, N.; LEERMAKERS, M. Trace metals in blood and urine of newborn/mother pairs, adolescents and adults of the Flemish population (2007-2011). **Int J Hyg Environ Health.**, v. 217, n.8, pp.878-890, Nov 2014.

BAGATIN, E.; COSTA, E.A. Doenças das Vias Aéreas Superiores. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 32, n.1, p. 17-26, 2006.

BARÃO, C.D.; SILVA, C.A.; DUARTE, J.C. AVALIAÇÃO DO MANGANÊS EM ACIARIA A OXIGÊNIO. **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v.4, n.2, pp. 45-49, out.-dez. 2007.

BARCELLOS, C. e BASTOS, F.I. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, v.12, n.3, p. 389-397, jul-set 1996.

BARREGARD, L.; BERGSTROM, G.; FAGERBERG, B. Cadmium, type 2 diabetes, and kidney damage in a cohort of middle-aged women. **Environ Res**, v.135, 311-316, Nov 2014.

BASU, N.; NAM, D.H.; KWANSAA-ANSAH, E.; RENNE, E.P.; NRIAGU, J.O. Multiple metals exposure in a small-scale artisanal gold mining Community. **Environmental Research**, v.113, n.3, pp.463-467, 2011.

BATÁRIOVÁ, A.; SPĚVÁČKOVÁ, V.; BENEŠ, B.; ČEJCHANOVÁ, M.; ŠMÍD, J.; ČERNÁ, M. Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v.209, n.4, pp. 359-66, 2006.

BATES, C.A.; FU, S.; YSSELSTEIN, D.; ROCKET, J.C.; ZHENG, W. Expression and Transport of  $\alpha$ -Synuclein at the Blood Cerebrospinal Fluid Barrier and Effects of Manganese Exposure. **ADMET DMPK**, v.3, n.1, pp.15-33. 2015.

BENES, B.; SPĚVÁČKOVÁ, V.; SMÍD, J.; CEJCHANOVÁ, M.; CERNÁ, M.; SUBRT, P.; MARECEK, J. The concentration levels of Cd, Pb, Hg, Cu, Zn and Se in blood of the population in the Czech Republic. **Cent Eur J Public Health**, v.8, pp.117-119, 2000.

BERGLUND, M.; LINDBERG, A.L.; RAHMAN, M.; YUNUS, M.; GRANDÉR, M.; LÖNNERDAL, B.O.; VAHTER, M. Gender and age differences in mixed metal exposure and urinary excretion. **Environ Res.**, v.111, pp.1271-1279, 2011.

BI, X.Y.; LIANG, S.; LI, X. A novel in situ method for sampling urban soil dust: Particle size distribution, trace metal concentrations, and stable lead isotopes. **Environ. Pollut.**, v.177, p.48-57, mar. 2013.

BLAGOJEVIĆ, J.; JOVANOVIĆ, V.; STAMENKOVIĆ, G.; JOJIĆ, V.; BUGARSKI-STANOJEVIĆ, V.; ADNAĐEVIĆ, T.; VUJOŠEVIĆ, M. Age Differences in Bioaccumulation of Heavy Metals in Populations of the Black-Striped Field Mouse, *Apodemus agrarius* (Rodentia, Mammalia). **Int. J. Environ. Res.**, v.6, n.4, pp.1045-1052, 2012.

BRAZZOLOTTO, X.; PIERREL, F.; PELOSI, L. Three conserved histidine residues contribute to mitochondrial iron transport through mitoferrins. **Biochem J.**, v.460, n.1, pp.79-89, May 2014.

BRÍGIDA, I.G.P.; LIMA, J. C.; RUFINO, A.R. Conflitos ambientais urbanos e a gestão de áreas contaminadas: o caso do condomínio Volta Grande IV. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, Congestas, 2014.

Brites, L.; GONÇALVES, M.; GONÇALVES, T.; GASPAR, E.; SANTOS, L.; CARVALHO, A. Anemia Hemolítica num Serviço de Medicina Interna: Caracterização da População. **Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Interna**, v.25, n.2, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/mint/v25n2/v25n2a06.pdf>> Acessado em: 12/10/2018.

BURBURE, C.; BUCHET, J.P.; LEROYER, A.; NISSE, C.; HAGUENOER, J.M.; MUTTI, A.; SMERHOVSKY, Z; CIKRT, M.; TRZCINKA-OCHOCKA, M.; RAZNIEWSKAA, G.; JAKUBOWSKI, M.; BERNRD, A.A. Renal and neurologic effects of cadmium, lead, mercury, and arsenic in children: evidence of early effects and multiple interactions at environmental exposure levels. **Environ Health Perspect**, v.114, n.4, pp.584-590, Apr. 2006.

BUTTE, W.; HEINZOW, B. Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination. **Rev Environ Contam Toxicol.**, v.175, 1-46, 2002.

CALLAN, A.C.; HINWOOD, A.L.; RAMALINGAM, M.; BOYCE, M.; HEYWORTH, J.; MCCAFFERTY, P.; ODLAND, J.O. Maternal exposure to metals - Concentrations and predictors of exposure. **Environmental Research**, v.126, pp.111-117, 2013.

CAÑAS, A.I.; CERVANTES-AMAT, M.; ESTEBAN, M.; RUIZ-MORAGA, M.; PÉREZ-GÓMEZ, B.; MAYOR, J.; CASTAÑO, A. Blood lead levels in a representative sample of the Spanish adult population: The BIOAMBIENT.ES project. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v.217, n.4-5, pp. 452–459, 2014.

CARVALHO, L.V.B.; COSTA-AMARAL, I.C.; MATTOS, R.C.O.C.; LARENTIS, A.L. Exposição ocupacional a substâncias químicas, fatores socioeconômicos e saúde do trabalhador: uma visão integrada. **Saúde debate**, v.41, n.2, Jun 2017.

CARVALHO, R.C.S.; TRINTA, J. L.; BACELLAR, F. C. T. CSN e Responsabilidade Sócio-Ambiental: Conscientização, Estratégia ou Necessidade? **Cadernos UniFOA**, n. 10, 2009.

CAVALLINI, A.; LIPPOLIS, C.; VACCA, M.; NARDELLI, C.; CASTEGNA, A.; ARNESANO, F.; CARELLA, N.; DEPALO, R. The Effects of Chronic Lifelong Activation of the AHR Pathway by Industrial Chemical Pollutants on Female Human Reproduction. **PLoS One.**, v.11, n.3, 2016.

CDC, 2018. Centers for Disease Control and Prevention. Disponível em: [https://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport\\_UpdatedTables\\_Volume1\\_Mar2018.pdf](https://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport_UpdatedTables_Volume1_Mar2018.pdf). Acessado em: 12/10/2018.

ČERNÁ, M.; KRŠKOVÁ, A.; ČEJCHANOVÁ, M.; SPĚVÁČKOVÁ, V. Human biomonitoring in the Czech Republic: An overview. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v.215, n.2, pp.109-119, Feb 2012.

CETESB 2017. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas.pdf>>. Acessado em: 28 out. 2018.

CHEN, L.; DING, G.; GAO, Y.; WANG, P.; SHI, R.; HUANG, H.; TIAN, Y. Manganese concentrations in maternal-infant blood and birth weight. **Environ Sci Pollut Res Int.**, v. 21, n.9, pp.6170-6175, May 2014.

CHERVONA, Y.; ARITA, A.; COSTA, M. Carcinogenic metals and the epigenome: understanding the effect of nickel, arsenic, and chromium. **Metallomics**, vol.4, n.7, pp.619-627, Jul 2012.

CHIEN-CHOU, C.; HSUEH-WEI, Y.; YI-HAO, L.; YU-HUI, C.; YU-WEN, C.; HUNG-YI, C. The Association of Prolonged QT Interval on Electrocardiography and Chronic Lead Exposure. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v.55, n.6, pp.614-619, Jun 2013.

CHOONG, G.; LIU, Y.; TEMPLETON, D.M. Interplay of calcium and cadmium in mediating cadmium toxicology. **Chem Biol Interact**, v.211, n.25, pp. 54-65, 2014.

CICAD. 2004.MANGANESE AND ITS COMPOUNDS: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Manganese. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.U.S. Government Printing Office, USA, 2012. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=102&tid=23>>. Acesso em: julho de 2017.

CONAMA N° 396 DE 2008. QUALIDADE DAS ÁGUAS. Disponível: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acessado em: 31 de julho de 2018.

CONAMA N° 430 DE 2011. Disponível: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em: 31 de julho de 2018.

CONAMA N° 460 DE 2013 (ANTIGA CONAMA N° 420/2009). Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acessado em: 31 de julho de 2018.

COSTA, L.C.; PEREIRA, F.R.S.; FARIAS, R.F.; PEREIRA, F.C. Avaliação espectrofotométrica das formas  $CR^{+3}$ ,  $CRO_4^{-2}$  e  $CR_2O_7^{-2}$ . **Eclet. Quím.**, v.35, n.3, 2010.

DECORATO, A.N.F.; OLIVEIRA, L.F.S.; PEREIRA, K.B.; PEREIRA, L.P.; SANTOS, V.F.; MACHADO, M.M. Efeito Citotóxico in vitro do Manganês em Células Leucocitárias Humanas. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v.5, n.2, 2013.

DEES, W.L.; HINEY, J.K.; SRIVASTAVA, V.K. Influences of manganese on pubertal development. **J Endocrinol.**, v. 235, n.1, pp.33-42, Oct 2017.

DEN, H.E.; GOVARTS, E.; WILLEMS, H.; SMOLDERS, R.; CASTELEYN, L.; KOLOSSAGEHRING, M; SCHWEDLER, G.; SEIWERT, M.; FIDDICKE, U.; CASTAÑO, A.; ESTEBAN, M.; ANGERER, J.; KOCH, H.M.; SCHINDLER, B.K.; SEPAI, O.; EXLEY, K.; BLOEMEN, L.; HORVAT, M.; KNUDSEN, L.E.; JOAS, A.; JOAS, R.; BIOT, P.; AERTS, D.; KOPPEN, G.; KATSONOURI, A.; HADJIPANAYIS, A.; KRŠKOVA, A.; MALY, M.; MØRCK, T.A.; RUDNAI, P.; KOZEPESY, S.; MULCAHY, M.; MANNION, R.; GUTLEB, A.C.; FISCHER, M.E.; LIGOCKA, D.; JAKUBOWSKI, M.; REIS, M.F.; NAMORADO, S.; GURZAU, A.E.; LUPSA, I.R.; HALZLOVA, K.; JAJCAJ, M.; MAZEJ, D.; TRATNIK, J.S.; LÓPEZ, A.; LOPEZ, E.; BERGLUND, M.; LARSSON, K.; LEHMANN, A.; CRETТАZ, P.; SCHOETERS, G. First steps toward harmonized human biomonitoring in Europe: demonstration project to perform human biomonitoring on a European scale. **Environ Health Perspect**, v.123, pp.255-263, 2014.

DIAS, J.E; GOMES, O.V.O; GOES, M.H.B. O uso do geoprocessamento na determinação de áreas favoráveis a expansão urbana no município de Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Geografia**, v. 13, n. 2, jul/dez, 2004. Disponível em: <<http://www.geo.uel.br/revista>>. Acesso em: 25/02/2016.



DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral Brasileiro 2015**. Disponível em: < <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2016> >. Acesso em: setembro de 2018.

DUAN, Z.; SU, L. Association between cadmium exposure and diabetes mellitus risk: a prisma-compliant systematic review and meta-analysis. **Oncotarget**, v.8, n.68, pp. 113129-113141, Oct 2017.

DURAN, A.; TUZEN, M.; SOYLAK, M. Trace metal concentrations in cigarette brands commonly available in Turkey: relation with human health. **Toxicological & Environmental Chemistry**, v.94, n.10, pp.1893-1901, 2012.

EL-DESOKY, G.E.; ABOUL-SOUD, M.A.; AL-OTHMAN, Z.A.; HABILA, M.; GIESY, J.P. Seasonal concentrations of lead in outdoor and indoor dust and blood of children in Riyadh, Saudi Arabia. **Environ. Geochem. Health**, v.36, pp.583-593, 2014.

ELLINGSEN, D.G.; CHASCHIN, V.; HAUG, E.; CHASCHIN, M.; TKACHENKO, V.; LUBNINA, N.; BAST-PETTERSEN, R.; THOMASSEN, Y. An epidemiological study of reproductive function biomarkers in male welders. **Biomarkers**, v.12, n.5, pp.497-509, 2007.

ENGSTROM, A.; MICHAELSSON, K.; VAHTER, M.; JULIN, B.; WOLK, A.; ÅKESSON, A. Associations between dietary cadmium exposure and bone mineral density and risk of osteoporosis and fractures among women. **Bone**, v.50, n.6, pp.1372-1378, Jun 2012.

ENVIRONMENTAL ASPECTS. Disponível: <<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad63.htm>>. Acessado em: fev de 2022.

EPA 2018. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/dwtable2018.pdf>>. Acessado em: 30 out. 2018.

EPA. Overview of Airborne Metals Regulations, Exposure Limits, Health Effects, and Contemporary Research. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttnemc01/prelim/otm31appC.pdf>> Acessado em: 22/10/2018. 2010.

ETTINGER, A.S.; ROY, A.; AMARASIRIWARDENA, C.J.; SMITH, D.; LUPOLI, N.; MERCADO-GARCÍA, A.; LAMADRID-FIGUEROA, H.; TELLEZ-ROJO, M.M.; HU, H.; HERNÁNDEZ-AVILA, M. Maternal blood, plasma, and breast milk lead: lactational transfer and contribution to infant exposure. **Environ Health Perspect**, v.122, n.1, pp.87-92, Jan 2014.

EUM, K.D.; LEE, M.S.; PAEK, D. Cadmium in blood and hypertension. **Sci Total Environ**, v.407, n.1, pp.147-153, 2008.

EVERETT, C.J.; FRITHSEN, I.L. Association of urinary cadmium and myocardial infarction. **Environ Res**, v.106, n.2, pp.284-286, 2008.

FALO, G.; ZEGHNOUN, A; PASCAL, M.; VERNAY, M.; LE STRAT, Y.; GARNIER, R.; Olichon, D.; BRETIN, P.; CASTETBON, K.; FRÉRY, N. Blood lead levels in the adult population living in France the French nutrition and health survey (ENNS 2006-2007). **Environ Int.**, v.37, n.3, pp.565-571, 2011.

FAN, G.; DU, G.; LI, H.; LIN, F.; SUN, Z.; YANG, W.; FENG, C.; ZHU, G.; LI, Y.; CHEN, Y.; JIAO, H.; ZHOU, F. The Effect of the Hemochromatosis (*HFE*) Genotype on Lead Load and Iron Metabolism among Lead Smelter Workers. **PLoS One**, vol.9, n.7, 2014.

FANG-YIH, L.; WEI-LIANG, C.; TUNG-WEI, K.; YAW-WEN, C.; CHING-FU, H. Exploring the link between cadmium and psoriasis in nationally representative sample. **Scientific Reports**, v.17, n.1723, 2017.

FERREIRA, A.P.; WERMELINGER, E.D. Serum metal concentrations and its implications for public health. **J Health Sci Inst.**, v.31, n.1, pp.13-19, 2013.

FERNANDES, L.H.; MAINIER, F.B. Os riscos da exposição ocupacional ao cádmio. **Sistemas & Gestão**, n. 9, pp 194-199, 2014.

FINKELSTEIN, Y.; MILATOVIC, D.; ASCHNER, M. Modulation of cholinergic systems by manganese. **NeuroToxicology**, v. 28, pp.1003–1014, 2007.

FITSANAKIS, V.A.; ZHANG, N.; GARCIA, S.; ASCHNER, M. Manganese (Mn) and iron (Fe): Interdependency of transport and regulation. **Neurotox. Res.**, v.18, pp.124-131, 2010.

FREIRE, C.; KOIFMAN, R.J.; FUJIMOTO, D.; SOUZA, V.C.O.; BARBOSA JR, F.; KOIFMAN, S. Reference values of cadmium, arsenic and manganese in blood and factors associated with exposure levels among adult population of Rio Branco, Acre, Brazil. **Chemosphere**, v.128, pp.70-78, June 2015.

FREITAS, C. M. Avaliação de Riscos como Ferramenta para a Vigilância Ambiental em Saúde. Avaliação de Riscos na Vigilância Ambiental. **Informe Epidemiológico do SUS**; p.227 – 239, n. 3/4, v. 11, 2002.

FRÉRY, N.; SAOUDI, A.; GARNIER, R.; ZEGHNOUN, A.; FALQ, G.; GULDNER, L. Exposure of French Population to Environmental Pollutants – Environmental Components of the French National Survey on Nutrition and Health- Initial Results. **French Institute for Public Health Surveillance, Saint-Maurice (Fra)**. Disponível em: <http://opac.invs.sante.fr/doc.num.php?explnum.id=6864>. Acessado em: 02/10/2018.

GALLAGHER, C.M.; KOVACH, J.S.; MELIKER, J.R. Urinary cadmium and osteoporosis in U.S. Women  $\geq$  50 years of age: NHANES 1988-1994 and 1999-2004. **Environ Health Perspect**, v. 116, n.10, pp.1338-1343, Jun 2008.

GENG, M.; QI, H.; LIU, X.; GAO, B.; YANG, Z.; LU, W.; SUN, R. Occurrence and health risk assessment of selected metals in drinking water from two typical remote areas in China. **Environ Sci Pollut Res.**, v.23, pp.8462-8469, 2016.

GIL, F.; HERNÁNDEZ, A.F.; MÁRQUEZ, C.; FEMIA, P.; OLMEDO, P.; LÓPEZ-GUARNIDO, O.; PLA, A. Biomonitorization of cadmium, chromium, manganese, nickel and lead in whole blood, urine, axillary hair and saliva in an occupationally exposed population. **Science of The Total Environment**, v.409, n.6, pp. 1172–1180, 2011.

GOMES, M.R.; ROGERO, M.M.; TIRAPEGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Rev Bras Med Esporte**, v.11, n.5, 2005.

GONÇALVES, R.M.; GONÇALVES, J.R.; FORNÉS, N.S. Cádmio no leite materno: concentração e relação com o estilo de vida da puérpera. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet**, v.32, n.7, 2010.

GUAN, H.; WANG, M.; LI, X.; PIAO, F.; LI, Q.; XU, L.; KITAMURA, F.; YOKOYAMA, K. Manganese concentrations in maternal and umbilical cord blood: related to birth size and environmental factors. **Eur J Public Health**, v.24, n.1, pp.150-157, Feb 2014.

GUNIER, R.B.; JERRETT, M.; SMITH, D.R.; JURSA, T.; YOUSEFI, P.; CAMACHO, J.; HUBBARD, A.; ESKENAZI, B.; BRADMAN, A. Determinants of manganese levels in house dust samples from the CHAMACOS cohort. **Sci Total Environ**, v.1; n. 497-498, pp.360-368, Nov 2014.

HADDAM, N.; SAMIRA, S.; DUMONT, X; TALEB, A.; LISON, D.; HAUFROID, V. et al. Confounders in the assessment of the renal effects associated with low-level urinary cadmium: an analysis in industrial workers. **Environ Health**, v. 10, n.37, 2011.

HAYDEN, J.A.; BROPHY, M.B.; CUNDEN, L.S.; NOLAN, E.M. High-affinity manganese coordination by human calprotectin is calcium-dependent and requires the histidine-rich site formed at the dimer interface. **J Am Chem Soc**. v.135, n.2, pp.775-787, Jan 2013.

HEALTH CANADA. Second Report on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada. 2013. Disponível em: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminations/chms-emcs-cycle2/index-eng.php>. Acessado em 02/10/2018.

HECK, N.C.; VILELA, A.C.F; SILVA, A.L. Aplicação da ferramenta termodinâmica computacional na simulação da produção de aço inoxidável. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, v.60, n.1, pp. 89-94, jan. mar. 2007.

HOET, P.; JACQUERYE, C.; DEUMER, G.; LISON, D.; HAUFROID, V. Reference values and upper reference limits for 26 trace elements in the urine of adults living in Belgium. **Clin. Chem. Lab. Med.**, v.51, pp.839-849, 2013.

HOWLES, G.P.; OJ, Y.; ROSENZWEIG, S.J.; NIGHTINGALE, K.R.; JOHNSON, G.A. Functional neuroimaging using ultrasonic blood-brain barrier disruption and manganese-enhanced MRI. **J Vis Exp**, v.12, n.65, Jul 2012.

HUANG, X.; XIE, J.; CUI, X.; ZHOU, Y.; WU, X.; LU, W.; YUAN, Y.S.J.; CHEN, W. Association between Concentrations of Metals in Urine and Adult Asthma: A Case-Control Study in Wuhan, China. **PLoS One**, v.11, n.5, 2016.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório Técnico: Avaliação Detalhada e Avaliação de Risco Etapa 2. NDB.** – Bairro Residencial Volta Redonda IV, localizado no Município de Volta Redonda. 10ª Avaliação de Áreas Contaminadas. Maio de 2014.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Relatório de Sustentabilidade 2018**. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/sustentabilidade/assets/pdfs/Aço%20Brasil%20»%20Completo.pdf>>. Acessado em: 22/11/2018.

JAGANNATI, M.; RAMYA, I.; SATHYENDRA, S. Occupation-related chromium toxicity a rare cause of renal failure and rhabdomyolysis. **Indian J Occup Environ Med.**, v.20, n.3, pp.150-152, Sep-Dec 2016.

JÄRUP, L., ÅKESSON, A. Current status of cadmium as an environmental health problem. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 238, p. 201–208, 2009.

JESUS, L.D.F.; MOREIRA, M.F.R.; AZEVEDO, S.V.; BORGES, R.M.; GOMES, R.A.A.; BERGAMINI, F.P.B.; TEIXEIRA, L.R. Avaliação dos níveis de chumbo e mercúrio em população exposta ambientalmente na Região Centro-oeste do Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v.34, n.2, 2018.

JIN-HEE, E.; CHEONG, H.K.; HA, E.H.; HA, M.; KIM, Y.; HONG, Y.C.; PARK, H.; CHANG, N. Maternal blood manganese level and birth weight: a MOCEH birth cohort study. **Environmental Health**, v.13, n.31, 2014.

JHUN, M.A.; HU, H.; SCHWARTZ, J.; WEISSKOPF, M.G.; NIE, L.H.; SPARROW, D.; VOKONAS, P.S.; PARK, S.K. Effect modification by vitamin D receptor genetic polymorphisms in the association between cumulative lead exposure and pulse pressure: a longitudinal study. **Environ Health**, vol. 14, n.5, Jan 2015.

JOHANSSON, C.; NORMAN, M.; BURMAN, L. Road traffic emission factors for heavy metals. **Atmospheric Environment**, v.43, n.31, pp. 4681–4688, 2009.

JURDZIAK, M.; GAC, P.; MARTYNOWICK, H.; POREBA, R. Function of respiratory system evaluated using selected spirometry parameters in persons occupationally exposed to lead without evident health problems. **Environ Toxicol Pharmacol.**, vol.39, n.3, pp.1034-1040, May 2015.

KEEGAN, G.M.; LEARMONTH, I.D.; CASE, C.P. A systematic comparison of the actual, potential, and theoretical health effects of cobalt and chromium exposures from industry and surgical implants. **Crit. Rev. Toxicol.**, v.38, n.8, pp.645 -674, 2008.

KIM, K.; WACTAWSKI-WENDE, J.; MICHELS, K.A.; SCHLIEP, K.C.; PLOWDEN, T.C.; CHALJUBAND, E.N.; MUMFORD, S.L. Dietary minerals, reproductive hormone levels and sporadic anovulation: associations in healthy women with regular menstrual cycles. **Br J Nutr.**, v.120, n.1, pp.81-89, Jul 2018.

KIM, M.; KOH, E.; CHUNG, S.; CHANG, Y.; SHIN, S. Altered Metabolism of Blood Manganese Is Associated with Low Levels of Hemoglobin in Patients with Chronic Kidney Disease. **Nutrients**, v.9, n.11, pp.1177, 2017.

KIRA, C.S. Determinação de valores de referência para chumbo, cádmio, mercúrio e níquel em sangue de crianças e adultos da cidade de São Paulo. **Tese**. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. 2014.

KHLIFI, R.; OLMEDO, P.; GIL, F.; FEKI-TOUNSI, M.; HAMMAMI, B.; REBAI, A.; HAMZA-CHAFFAI A. Biomonitoring of cadmium, chromium, nickel and arsenic in general population living near mining and active industrial areas in Southern Tunisia. **Environ Monit Assess.**, v.186, n.2, pp.761-779, Feb. 2014.

KLAASSEN, C.D. (ed). CASSARETT & DOULL'S. Toxicology: The Basic Science of Poisons. 7<sup>th</sup> ed. **New York: McGraw-Hill**, 2008.

KOYASHIKI, G.A.K.; PAOLIELLO, M.M.B.; MATSUO, T.; OLIVEIRA, M.M.B.; MEZZAROBBA, L.; CARVALHO, M.F.; SAKUMA, A.M.; TURINI, C.; VANNUCHI, M.T.O.; BARBOSA, C.S.D. Lead levels in milk and blood from donos to the breast milk bank in Southern Brazil. **Environ Res**, v.110, pp.265-271, 2010.

KUNO, R.; ROQUETTI, M.H.; BECKER, K.; SEIWERT, M.; GOUVEIA, N. Reference values for lead, cadmium and Mercury in the blood of adults from the metropolitan area of São Paulo, Brazil. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, pp.243-249, 2013.

KUO, C.Y.; WANG, J.Y.; LIU, W.T.; LIN, P.Y.; TSAI, C.T.; CHENG, M.T. Evaluation of the vehicle contributions of metals to indoor environments. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v.22, pp.489-495, 2012.

LEE, B.K.; Kim, Y. Sex-specific Profiles of Blood Metal Levels Associated with Metal-Iron Interactions, v.5, pp.113-117, 2014.

LI, C.; SOLOMONS, N.W.; SCOTT, M.E.; KOSKI, K.G. Minerals and Trace Elements in Human Breast Milk Are Associated with Guatemalan Infant Anthropometric Outcomes within the First 6 Months. **J Nutr.**, v. 146, n.10, pp.2067-2074, Oct 2016.

LISTIK, C.; MACHADO-PORTO, G.C.L.; OLIVEIRA, M.O.; PORTO, F.H.G. Acquired hepatocerebral degeneration: A case report. **Dementia & Neuropsychologia**, v.6, n.1, 2012.

LIU, K.S.; HAO, J.H.; ZENG, Y.; DAI, F.C.; GU, P.Q. Neurotoxicity and biomarkers of lead exposure: a review. **Chin Med Sci J**, vol. 28; n. 3, pp.178-188, Sep 2013.

LONG, Z.; LI, X.R.; XU, J.; EDDEN, R.A.; OIN, WP.; LONG, L.L.; MURDOCH, J.B.; ZHENG, W.; JIANG, Y.M.; DYDAK, U. Thalamic GABA predicts fine motor performance in manganese exposed smelter workers. **PLoS One**, v.9, n.2, Feb 2014.

LÓPEZ-HERRANZ, A.; CUTANDA, F.; ESTEBAN, M.; POLLÁN, M.; CALVO, E.; PÉREZ-GÓMEZ, B.; CORTES, MV.; BIOAMBIENT.ES; CASTAÑO, A. Cadmium levels in a representative sample of the Spanish adult population: The BIOAMBIENT.ES project. **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, v.26, n.5, pp.471-480, 2015.

LOYOLA, J.; DE ALMEIDA, P.B.JR.; QUITERIO, S.L.; SOUSA, C.R.; ARBILLA, G.; ESCALEIRA, V.; CARVALHO, M.I.; SILVA, A.S.A.G. Concentration and emission sources of airborne metals in particulate matter in the industrial district of Médio Paraíba, State of Rio de Janeiro, Brazil. **Arch Environ Contam Toxicol.**, v. 51, n.4, pp.485-93, Nov 2006.

LUCCHINI, R.; PLACIDE, D.; CAGNA, G.; FEDRIGHI, C.; OPPINI, M.; PELI, M.; ZONI, S. Manganese and Developmental Neurotoxicity. **Adv Neurobiol.**, v.18, pp.13-34, 2017.

LU, S.Y.; ZHANG, H. M.; SOJINU, S. O.; LIU, G.H.; Zhang, J. Q.; Ni, H.G. Trace elements contamination and human health risk assessment in drinking water from Shenzhen, China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.187. n.1, 2014.

MA, R.E.; WARD, E.J.; YEH, C.L.; SNYDER, S.; LONG, Z.; GOKALP, Y.F.; ZAUBER, S.E.; DYDAK, U. Thalamic GABA levels and occupational manganese neurotoxicity: Association with exposure levels and brain MRI. **Neurotoxicology**, v.64, pp.30-42, Jan2018.

MACCANI, J.Z.J.; KOESTLER, D.C.; HOUSEMAN, E.A.; ARMSTRONG, D.A.; MARSIT, C.J.; KELSEY, K.T. DNA Methylation Changes in the Placenta Are Associated With Fetal Manganese Exposure. **Reprod Toxicol.**, v.57, pp.43-49, Nov 2015.

MAGALHÃES, L.C.; NALINI JR, H. A.; LIMA, A. C.; COUTRIM, M.X. Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em ouro preto, Minas Gerais. **Quim. Nova**, vol. 33, n. 3, pp.519-523, 2010.

MAGALHÃES, M.O.L.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N. Uso de resíduos industriais na remediação de solo contaminado com cádmio e zinco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, pp. 219-227, abr.-jun., 2011.

MANNO, M., VIAU, C., COCKER, J., COLOSIO, C., LOWRY, L., MUTTI, A., NORDBERG, M., 2010. Biomonitoring for occupational health risk assessment (BOHRA). **Toxicol. Lett.**, v.192, n.1, pp. 3-16, 2010.

MCELVENNY, D.M.; MILLER, B.G.; MACCALMAN, L.A.; SLEEUWENHOEK, A.; VAN TONGEREN, M.; SHEPHERD, K.; DARNTON, A.J.; CHERRIE, J.W. Mortality of a cohort of workers in Great Britain with blood lead measurements. **Occup Environ Med.**, v.72, pp. 625-632, 2015.

MENEZES-FILHO, J.A.; NOVAES, C.O.; MOREIRA, J.C.; SARCINELLI, P.N.; MERGLER, D. Elevated manganese and cognitive performance in school-aged children and their mothers. **Environ Res.**, v.111, n.1, pp.156-163, Jan2011.

MESSAOUDI, I.; El HENI, J.; HAMMOUDA, F. et al. Protective effects of selenium, zinc, or their combination on cadmium-induced oxidative stress in rat kidney. **Biol Trace Elem Res**, v.130, pp.152–161, 2009.

MILANEZ, B. e PORTO, M. F. S. A ferro e fogo: impactos da siderurgia para o ambiente e a sociedade após a reestruturação dos anos 1990. IV **Encontro Nacional da Anppas**, 2008. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT6-61-8-20080509163054.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. **World Resources Institute**, Washington, DC, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). Brasil. Secretaria de Vigilância em Saúde. Introdução a estatística espacial para a Saúde Pública. Série: Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde. Textos Básicos de Saúde. Brasília. DF. Fundação Oswaldo Cruz; 2007.

MINOZZO, R.; WAGNER, S.C.; SANTOS, C.H.; DEIMLING, L.I.; MELLO, R.S. Prevalência de anemia em trabalhadores expostos ocupacionalmente ao chumbo. **Rev. Bras. Hematol. Hemoter.**, v.31, n.2, pp.94-97, 2009.

MOAWAD, E.M.; BADAWEY, N.M.; MANAWILL, M. Environmental and Occupational Lead Exposure Among Children in Cairo, Egypt: A Community-Based Cross-Sectional Study. **Medicine (Baltimore)**, v.95, n.9, Mar 2016.

MORAES, L.A.F; SANTOS, R.L.C; SOBRAL, L.G.S. Metodologia de aplicação do geoprocessamento na avaliação da contaminação de metal pesado em solo: estudo de caso em área confinada de indústria. *Série Gestão e Planejamento Ambiental SGPA – 07. Artigo técnico* n°4, 2006.

MORAES, M.V.G. Doenças ocupacionais – agentes: físico, químico, biológico, ergonômico. 1ª ed. **São Paulo: Iárica**, 2010.

MULLALLY, A.M.; VOGELSANG, G.B.; MOLITERNO, A.R. Wasted sheep and premature infants: the role of trace metals in hematopoiesis. **Blood Rev.**, v.18, n.4, pp.227-234, Dec 2004.

MUTAFCHIEV, K.; POPOV, I.; TSAFAROV, M. Manganese and selenium content in plasma of women with uterine myoma. **Akush Ginekol**, v.46, n.9, pp.43-45, 2007.

NARIYA, A.; PATHAN, A.; SHAH, N.; PATEL, A.; CHETTIAR, S.; VYAS, J.; SHAIKH, I; JHALA, D. Association of Delta-Aminolevulinic Acid Dehydratase Polymorphism with Blood Lead and Hemoglobin Level in Lead Exposed Workers. **Annual Research & Review in Biology**, v.17, n.5, pp.1-7, 2017.

NASCIMENTO, L.F.C.; IZÁRIO FILHO, H.J.; BALTAZAR, E.O. Níveis de chumbo em colostro humano: um estudo no Vale do Paraíba. *Rev. Bras. Saúde Matern. Infant*, v.6, n.1, pp.69-74, 2006.

NELSON, A.E.; CHAUDHARY, S.; KRAUS, V.B.; FANG, F.; CHEN, J.C.; SCHWARTZ, T.A.; SHI, X.A.; RENNER, J.B.; STABLER, T.V.; HELMICK, C.G.; CALDWELL, K.L.; POOLE, A.R.; JORDAN, J.M. Whole blood lead levels are associated with biomarkers of joint tissue metabolism in African American and White men and women: The Johnston County Osteoarthritis Project. **Environmental Research**, v.111, pp.1208-1214, 2011.

NEVES, E.B.; MENDONÇA-JUNIOR, N.; MOREIRA, M.F.R. Avaliação da exposição a metais numa oficina de recuperação de armamento de uma organização militar. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.14, n.6, pp.2269-2280, 2009.

NISSE, C.; TAGNE-FOTSO, R.; HOWSAM, M.; RICHEVAL, C.; LABAT, L.; LEROYER, A. Blood and urinary levels of metals and metalloids in the general adult population of Northern France: The IMEPOGE study, 2008-2010. **Int J Hyg Environ Health**, v.220, n.2, pp.341-363, Apr 2017.

NORDBERG, G.F., FOWLER, B.A., NORDBERG, M. **Handbook on the Toxicology of Metals: Toxicity of Metal and Metal Oxide Nanoparticles**. 4.ed: Elsevier, 2014.

NORDBERG, G.F., FOWLER, B.A.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L.T. (eds). Handbook on the Toxicology of Metals. **California: Elsevier B.V.**, 2007.

NUNES, J.A.; BATISTA, B.L.; RODRIGUES, J.L.; CALDAS, N.M.; NETO, J.A.; BARBOSA JR, F. A simple method based on ICP-MS for estimation of background levels of arsenic, cadmium, copper, manganese, nickel, lead, and selenium in blood of the Brazilian population. **J Toxicol Environ Health A.**, v.73, n.13-14, pp.878-887, 2010.

OLIVEIRA, A.A.B. Inventário das emissões atmosféricas na indústria siderúrgica. **Projeto de Graduação**. Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2014.

OLIVEIRA, B.S.; CORDEIRO, J.; NEVES, P.C.B.; CALAZANS, G.M.; COSTA, J.G.S. Avaliação do potencial do reaproveitamento da escória de aciaria LD como agregado siderúrgico. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p.206-229, abr./jun. 2018.

OLIVEIRA, S.S. O papel da Avaliação de Riscos no gerenciamento de produtos agrotóxicos: Diretrizes para a formulação de Políticas Públicas. São Paulo. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP]. 2005.

OLIVEIRA JR, J.F.; SOUZA, J.C.S.; DIAS, F.O.; GOIS, G.; GONÇALVES, I.F.S.; SILVA, M.S. Caracterização do Regime de Vento no Município de Seropédica, Rio de Janeiro (2001-2010). **FLORAM**, v.20, n.4, pp.447-459, 2013.

ORTEGA, F.; COUNTER, S.A.; BUCHANAN, L.H.; PARRA, A.M.; COLLAGUASO, M.A.; JACOBS, A.B. Tracking blood lead and zinc protoporphyrin levels in Andean adults working in a lead contaminated environment. **J Toxicol Environ Health A.**, v.76, n.19, pp.1111-1120, 2013.

OULHOTE, Y.; MERGLER, D.; BOUCHARD, M.F. Sex- and age-differences in blood manganese levels in the U.S. general population: national health and nutrition examination survey 2011–2012. **Environmental Health**, v.13, n.87, 2014.

PARSONS-WHITE, A.B.; SPITZER, N. Environmentally relevant manganese overexposure alters neural cell morphology and differentiation in vitro. **Toxicol in Vitro**, v.50, pp.22-28, Aug 2018.

PEANA, M.; MEDICI, S.; NURCHI, V.M.; CRISPONI, G.; LACHOWICZ, J.I.; ZORODDU, M.A. Manganese and cobalt binding in a multi-histidinic fragment. **Dalton Trans.**, v.42, n.46, pp.16293-16301, Dec 2013.

PECHOVA, A. e PAVLATA, L. Chromium as an essential nutrient: a review. **Veterinarni Medicina**. vol. 52, p. 1–18, 2007.

PRC n°5. **Portaria de Consolidação n°5/2017** (origem: PRT MS/GM 2914/2011). Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html)>. Acessado em: 30 out. 2018.

PENA e FERNANDEZ, A.; GONZALEZ-MUNOZ, M.J; LOBO-BEDMAR, M.C. Establishing the importance of human health risk assessment for metal and metalloids in urban environments. **Environ. Int**, v.72, p.176-185, nov. 2014.

PHILIP, G.R.; CHANEY, R.L. Bioavailability as an issue in risk assessment and management of food cadmium: a review. **Sci Total Environ**, v. 398, n.1-3, pp. 13-19, jul 2008.

PIRARD, C.; KOPPEN, G.; DE CREMER, K.; VAN OVERMEIRE, I.; GOVARTS, E.; DEWOLF, M.; VAN DE MIEROOP, E.; AERTS, D.; BIOT, P.; CASTELEYN, L.; KOLOSSA-GEHRING, M.; SCHWEDLER, G.; ANGERER, J.; KOCH, H.M.; SCHINDLER, B.K.; CASTAÑO, A.; ESTEBAN, M.; SCHOETERS, G.; DEN HOND, E.; SEPAI, O.; EXLEY, K.; HORVAT, M.; BLOEMEN, L.; KNUDSEN, L.E.; JOAS, R.; JOAS, A.; VAN



LOCO, J.; CHARLIER, C. Hair mercury and urinary cadmium levels in Belgian children and their mothers within the framework of the COPHES/DEMOCOPHES projects. **The Science of the total environment**, v.472, pp.730-740, 2014.

PIVETTA, F; MACHADO, H.J.M; ARAÚJO, U.C; MOREIRA, M.F.R; APOSTOLI, P. Monitoramento biológico: Conceitos e aplicações em Saúde Pública. **Cad. Saúde Pública**, v.17, p.545-554, 2001.

PORFÍRIO, B.; GOMES, J.; JANISSEK, PR. Avaliação de risco à saúde humana do aterro controlado de Morretes. *Eng Sanit Ambient.*, v.19, n.4, pp. 441-452, out/dez 2014.

POWER, M.C.; KORRICK, S.; TCHETGEN, E.J.; NIE, L.H.; GRODSTEIN, F.; HU, H.; WEUVE, J.; SCHWARTZ, J.; WEISSKOPF, M.G. Lead exposure and rate of change in cognitive function in older women. **Environ Res.**, v. 129, pp.69-75, Feb 2014.

QUITERIO, S. L.; SILVA, C.R.S.; VAITSMAN, DS.; MARTINHON, T.; MOREIRA, M.F.R, ARAÚJO, U.C.; MATTOS, R.C.C.; SANTOS, L.S.C. Uso da poeira e do ar como indicadores de contaminação ambiental em áreas circunvizinhas a uma fonte de emissão estacionária de chumbo. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n.3, pp. 501-508, mai-jun, 2001.

RAHMAN, M.A.; RAHMAN, B.; AHMED, N. High blood manganese in iron-deficient children in Karachi. **Public Health Nutr.**, v.16, pp. 1677–1683, 2013.

RAMOS, T.D. Avaliação da exposição ambiental ao manganês na população residente no entorno de um estaleiro no município de Angra dos Reis, RJ. Dissertação. Fundação Oswaldo Cruz, 2013.

RAMZAN. M.; MALIK, M.A.; IOBAL, Z.; ARSHAD, N.; KHAN, S.Y.; ARSHAD, M. Study of hematological indices in tannery workers exposed to chromium in Sheikhpura (Pakistan). **Toxicol Ind Health**,v.27, n.9, pp.857-864, Oct 2011.

RASMUSSEN, P.E.; LEVESQUE, C.; CHÉNIER, M.; GARDNER, H.D.; JONES-OTAZO, H.; PETROVIC, S. Canadian House Dust Study: population-based concentrations, loads and loading rates of arsenic, cadmium, chromium, copper, nickel, lead, and zinc inside urban homes. **Sci Total Environ.**, v.443, pp.520-529, Jan 2013.

RAY, R. R. Adverse hematological effects of hexavalent chromium: an overview. **Interdiscip Toxicol.**, v.9, n.2, pp.55-65, Jun 2016.

RENTSCHLER, G.; KIPPLER, M.; AXMON, A.; RAQIB, R.; SKERFVING, S.; VAHTER, M.; BROBERG, K. Cadmium concentrations in human blood and urine are associated with polymorphisms in zinc transporter genes. **Metallomics**, v. 6, n.4, pp.885-891, 2014.

RICHTER, P.; FAROON, O.; PAPPAS, R. S. Cadmium and Cadmium/Zinc Ratios and Tobacco-Related Morbidities. **Int J Environ Res Public Health**, v.14, n.10, pp.1154, Oct 2017.

ROCA, M.; SÁNCHEZ, A.; PÉREZ, R.; PARDO, O.; YUSÀ, V. Biomonitoring of 20 elements in urine of children. Levels and predictors of exposure. **Chemosphere**, v.144, pp.1698-1705, 2016.

ROCHA, A.F. Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública? Curso de Ciências da Nutrição. **Monografia**. Universidade do Porto, 2009.

ROCHA, R.; PEZZINI, M.F.; POETA, J. Fontes de contaminação pelo chumbo e seus efeitos tóxicos na saúde ocupacional. **Ciência em Movimento | Biociências e Saúde**, v.19, n.39, 2017.

RODRÍGUEZ-BARRANCO, M.; LACASANA, M.; GIL, F.; LORCA, A.; ALGUACIL, J.; ROHLMAN, D.S.; GONZÁLEZ-ALZAGA, B.; MOLINA-VILLALBA, I.; MENDOZA, R.; AGUILAR-GARDUÑO, C. Cadmium exposure and neuropsychological development in school children in southwestern Spain. **Environ Res**, v. 134, pp.66-73, Oct 2014.

ROMANO, M.E.; ENQUOBAHRIE, D.A.; SIMPSON, C.D.; CHRCKOWAY, H.; WILLIAMS, M.A. A Case-Cohort Study of Cadmium Body Burden and Gestational Diabetes Mellitus in American Women. **Environ Health Perspect**, v.123, n.10, pp.993-998, Oct 2015.

RONDA FILHO, W.M.M. Gerenciamento dos resíduos sólidos gerados na aciaria LD. **Projeto de Graduação**. Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016.

SANTOS, D.M. Desenvolvimento de um modelo “*in vitro*” para o estudo do mecanismo de toxicidade do manganês a nível do sistema nervoso central. **Dissertação**. Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa. 2007.

SARAVANABHAVAN, G.; WERRY, K.; WALKER, M.; HAINES, D.; MALOWANY, M.; KHOURY, C. Human biomonitoring reference values for metals and trace elements in blood and urine derived from the Canadian Health Measures Survey 2007–2013. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v.220, pp.189-200, 2017.

SATARUG, S.; GARRETT, S.H.; SENS, M.A.; SENS, D.A. Cadmium, Environmental Exposure, and Health Outcomes. **Environmental Health Perspectives**, v.118, n.2, 2010.

SAZAKLI, E.; VILLANUEVA, C.M.; KOGEVINAS, M.; MALTEZIS, K.; MOUZAKI, A.; LEOTSINIDIS, M. Chromium in Drinking Water: Association with Biomarkers of Exposure and Effect. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v.11, pp. 10125-10145, 2014.

SCHOOOF, R.A. Final Guide for Incorporating Bioavailability Adjustments into Human Health and Ecological Risk Assessments at Department of Defense Facilities. Part 2: Technical Background Document for Assessing Metals Bioavailability. Update Prepared for **U.S. Tri-Service Ecological Risk Assessment Workgroup**, 2003.

SILVA, C.S. Um estudo crítico sobre a saúde dos trabalhadores de galvanicas, por meio das relações entre as avaliações ambientais, biológicas e otorrinolaringológicas. **Fundacentro**, 2010.

SILVA, C.S e PEDROZO, M.F. Ecotoxicologia do Cromo e seus Compostos – Série: **Cadernos de Saúde de Referência Ambiental**. Salvador. v. 5, p.100, 2001.

SKABA, D.A; CARVALHO, M. S.; BARCELLOS, C.; MARTINS, P.C.; TERRON, S.L. Geoprocessamento dos dados da saúde: o tratamento dos endereços. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.20, n. 6, pp.1753-1756, nov-dez, 2004.

SMITH, E.A.; KEITH, P.N.; BESTWICK, G.; AHMED, N. Increased whole blood manganese concentrations observed in children with iron deficiency anaemia. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.27, n.1, pp.65-69, 2013.

SORIA, M.; GONZÁLEZ-HARO, C.; ANSÓN, M.; LÓPEZ-COLÓN, J.L.; ESCANERO, J.L. Plasma levels of trace elements and exercise induced stress hormones in well-trained athletes. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.31, pp.113-119, 2015.

SOUSA, L.R.F.; RAMALHO, S.D.; FERNANDES, J.B.; SILVIA, M.F.G.F.; IEMMA, M.R.C.; CÔRREA, C.J.; SOUZA, D.H.F.; LIMA, M.I.S.; VIEIRA, P.C. Leishmanicidal galloylquinic acids are noncompetitive inhibitors of arginase. **J. Braz. Chem. Soc.**, v.25, n.10, pp.1832-1838, 2014.

SOUZA, A. M; TAVARES, C.F.F. Chumbo e anemia. Medicina (Ribeirão Preto): **Simpósio: Chumbo e a Saúde Humana** Capítulo IX, Ribeirão Preto, v. 42, n. 3, p.337-340, 2009.

SOUZA, C.C.B; PEREIRA, A.C.C; OLIVEIRA, D.F.; PIMENTEL, C.T.; SANTOS, A.M.; SANTOS, F.S. Diagnóstico ambiental da poluição dos solos no bairro Volta Grande IV, Volta Redonda – RJ. **Cadernos UNIFOA**, v.11, n.30, 2016.

SOUZA M.C.B.; MANCEBO A.C.A.; SANTOS H.C.N.; COSTA A.L.R.; TAITSON, P.F.; MOREIRA, M.F.R. Fatores Ambientais e Reprodução: Metais (chumbo e cádmio). Fundamentação da pesquisa. **JBRA Assist. Reprod.**, vol.14, n.4, 2010.

SPONDER, M.; FRITZER-SZEKERES, M.; MARCULESCU, R.; MITTLBÖCK, M.; UHL, M.; KÖHLER-VALLANT, B.; STRAMETZ-JURANEK, J. Blood and urine levels of heavy metal pollutants in female and male patients with coronary artery disease. **Vascular Health and Risk Management**, v. 10, pp. 311–317, 2014.

SUN, H.; WANG, D.; ZHOU, Z.; DING, Z.; CHEN, X.; XU, Y.; HUANG, L.; TANG, D. Association of cadmium in urine and blood with age in a general population with low environmental exposure. **Chemosphere**, v.156, pp.392-397, 2016.

SUSSULINI, A.; ARRUDA, M.A.Z. Determinação de cromo (VI) por espectrometria de absorção atômica com chama após a extração e pré concentração no ponto nuvem. **Ecl. Quím.**, v.31, n.1, pp.73-80, 2006.

TAVAKKOLI, L.; NASAB, Z.Z.; KHANJANI, N. Environmental and occupational exposure to chromium in Iran: A systematic review. **Journal of Epidemiological Research**, v.3, n.2, 2017.

TCE-RJ. Secretaria -Geral de Planejamento. **Estudo Socioeconômico 2014** - Volta Redonda. Disponível em: <<http://www.tce.rj.gov.br>>. Acesso: fevereiro de 2017.

TELLEZ-PLAZA, M.; NAVAS-ACIEN, A.; CRAINICEANU, C.M.; GUALLAR, E. Cadmium exposure and hypertension in the 1999– 2004 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). **Environ Health Perspect**, v.116, pp.51–56, 2008.

THOMAS, L.D.; HODGSON, S.; NIEUWENHUIJSEN, M.;JARUP, L. Early kidney damage in a population exposed to cadmium and other heavy metals. **Environ Health Perspect**, v.117, 181–184, 2009.

TING, Y.; LIANSHENG, Z.; WEI, B.; SHUANG, R. Nutritional composition of breast milk in Chinese women: a systematic review. **Asia Pac J Clin Nutr.**, v.27, n.3, pp.491-502, 2018.

TURNER, A e HEFZI, B. Levels and bioaccessibilities of metals in dusts from na arid environment. *Water Air Soil Pollut*, v.210, pp.483-491, 2010.

USGS. U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Mineral Commodity Summaries 2018. Washington. **U.S. Geological Survey**, 2018. Disponível em: <<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf>>. Acesso em: agosto de 2018.

VIDAL, A.C.; SEMENOVA, V.; DARRAH, T.; VENGOSH, A.; HUANG, Z.; KING, K.; NYE, M.D.; FRY, R.; SKAAR, D.; MAGUIRE, R.; MURTHA, A.; SCHILDKRAUT, J.; MURPHY, S.; HOYO, C. Maternal cadmium iron and zinc levels, DNA methylation and birth weight. **BMC Pharmacol Toxicol**, v.15, pp. 16-20, 2015.

VIGEH, M.; YOKOTAMA, K.; RAMEZANZADEH, F.; DAHAGHIN, M.; FAKHRIAZAD, E.; SEYEDAGHAMIRI, Z.; ARAKI, S. Blood manganese concentrations and intrauterine growth restriction. **Reprod Toxicol.**, v.25, n.2, pp. 219-223, Feb 2008.

VIMERCATI, L.; BALDASSARRE, A.; GATTI, M.F.; GAGLIARDI, T.; SERINELLI, M.; MARIA, L.; CAPUTI, A.; DIRODI, A.A.; GALISE, I.; CUCCARO, F.; ASSENNATO, G. Non-occupational exposure to heavy metals of the residents of an industrial area and biomonitoring. **Environ Monit Assess.**, v.188, n.12, 673, Nov 2016.

WATERLOO BRASIL. **Relatório Técnico:** Investigação Ambiental, Avaliação de Performance da Remediação e Avaliação de Risco à Saúde Humana. P-250/735/04. Setembro de 2004, 48p.

WEGERMANN, C.A. Síntese, caracterização e estudo de reatividade de compostos de coordenação de manganês com ligantes N, O-doadores. **Dissertação.** Curso de Pós-Graduação em Química, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná. 2013.

WILHELM, M.; EWERS, U.; SCHULZ, C. Revised and new reference values for some trace elements in blood and urine for human biomonitoring in environmental medicine. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v.207, n.1, pp.69-73, 2004.

WIRTH, J.J.; ROSSANO, M.G.; DALY, D.C.; PANETH, N.; PUSCHECK, E.; POTTER, R.C.; DIAMOND, M.P. Ambient Manganese Exposure is Negatively Associated With Human Sperm Motility and Concentration. **Epidemiology**, v.18, n.2, pp.270-273, Mar 2007.

WIRTH, J.J.; MIJAL, R.S. Adverse effects of low level heavy metal exposure on male reproductive function. **Syst Biol Reprod Med.**, v.56, n.2, pp.147-167, Apr 2010.

WAN, D.; HAN, Z.; LIU, D.; YANG, J. Risk Assessments of Heavy Metals in House Dust From a Typical Industrial Area in Central China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 2015. DOI: 10.1080/10807039.2015.1080593.

WANG, B; DU, Y. Cadmium and its neurotoxic effects. *Oxid Med Cell Longev*, v.18, n.2, pp.182-190, 2013.

WANG, Z.; XU, X.; HE, B.; GUO, J.; ZHAO, B.; ZHANG, Y.; ZHOU, Z.; ZHOU, X.; ZHANG, R.; ABLIZ, Z. The impact of chronic environmental metal and benzene exposure on human urinary metabolome among Chinese children and the elderly population. *Ecotoxicol Environ Saf.*, v.169, pp.232-239, Nov 2018.

WHITEHEAD, T.P.; WARD, M.H.; COLT, J.S.; DAHL, G.; DUCORE, J.; REINIER, K.; GUNIER, R.B.; HAMMOND, K.; RAPPAPORT, S.M.; METAYER, C. Dust metal loadings and the risk of childhood acute lymphoblastic leukemia. *J Expo Sci Environ Epidemiol.*, v.25, n.6, pp.593-538, Nov-Dec 2015.

WHO 2011. Guidelines for Drinking-Water Quality. Disponível: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/230255/000823303.pdf?sequence=1>>. Acessado em: 26 mar. 2022.

WU, C.C.; SUNG, F.C.; CHEN, Y.C. Arsenic, Cadmium and Lead Exposure and Immunologic Function in Workers in Taiwan. *Int J Environ Res Public Health*, v.15, n.4, 683, Apr 2018.

WU, M.; SONG, J.; ZHU, C.; WANG, Y.; YIN, X.; HUANG, G.; ZHAO, K.; ZHU, J.; ZHAO, L.L.; RU, Y.F.; LIU, M.; TANG, J.N.; ZHENG, J.F.; WU, B.; GU, Y.H.; SHI, H.J. Reproductive effects of cadmium on sperm function and early embryonic development in vitro. *PLoS One*, v.12, n.11, Nov 2017.

XU, J.; ZHAO, M.; PEI, L.; ZHANG, R.; LIU, X.; WEI, L.; YANG, M.; XU, Q. Oxidative stress and DNA damage in a long-term hexavalent chromium exposed population in North China: a cross-sectional study. *BMJ*, v.8, n.6, 2018.

YANG, Q.; CHEN, H.; LI, B. Source identification and Health Risk Assessment of Metals in Indoor Dust in the vicinity of phosphorus mining, Guizhou Province, China. *Arch Environ Contam Toxicol.*; v. 68, pp.20–30, 2015.

YU, H.; YE, F.; YUAN, F.; CAI, L.; JI, H.; KELLER, B.B. Neonatal Murine Engineered Cardiac Tissue Toxicology Model: Impact of Metallothionein Overexpression on Cadmium Induced Injury. *Toxicol Sci.*, v.165, n.2, pp.499-511, Oct 2018.

YU, Q.; ZHOU, Y. Z. High level of Mn in brain is a risk for Alzheimer disease. *Sheng Li Xue Bao.*, v.70, n.2, pp.193-200, Apr 2018.

ZANGIROLANI, L.T.O.; CORDEIRO, R.; MEDEIROS, M.A.T.; STEPHAN, C. Topologia do risco de acidentes do trabalho em Piracicaba, SP. *Rev Saúde Pública*, v.42, n.2, pp.287-293, 2008.

ZENG, H.L.; LI, H.; LU, J.; GUAN, O.; CHENG, L. Assessment of 12 Metals and Metalloids in Blood of General Populations Living in Wuhan of China by ICP-MS. **Biol Trace Elem Res.** <<https://doi.org/10.1007/s12011-018-1486-8>>, 2018.

ZHANG, X.H.; ZHANG, X.; WANG, X.C.; JIN, L.F.; YANG, Z.P.; JIANG, C.X.; CHEN, Q.; REN, X.B.; CAO, J.Z.; WANG, Q.; ZHU, Y.M. Chronic occupational exposure to hexavalent chromium causes DNA damage in electroplating workers. **BMC Public Health**, v.11, n.224, Apr 2011.

ZHAO, L.L.; RU, Y.F.; LIU, M.; TANG, J.N.; ZHENG, J.F.; WU, B.; GU, Y.H.; SHI, H.J. Reproductive effects of cadmium on sperm function and early embryonic development *in vitro*. **PLoS One**, v.12, n.11, Nov 2017.

ZHENG, J. D.; CHEN, K.U.; YAN, X.; CHEN, S.J.; HU, G.C.; PENG, X.W.; YUAN, J.G.; MAI, B.X.; YANG, Z.Y. Heavy metals in food, house dust, and water from an e-waste recycling area in South China and the potential risk to human health. **Ecotoxicology and environmental safety**. 2013 DOI:10.1016/j.ecoenv.2013.06.017.

ZOTA, A.R.; ETTINGER, A.S.; BOUCHARD, M.; AMARASIRIWARDENA, C.J.; SCHWARTZ, J.; HU, H.; WRIGHT, R.O. Maternal blood manganese levels and infant birth weight. **Epidemiology**, v.20, n.3, pp.367-373, May 2009.

ZOTA, A.R.; RIEDERER, A.M.; ETTINGER, A.S.; SCHAIDER, L.A.; SHINE, J.P.; AMARASIRIWARDENA, C.J.; WRIGHT, R.O.; SPENGLER, J.H. Associations between metals in residential environmental media and exposure biomarkers over time in infants living near a mining-impacted site. **J Expo Sci Environ Epidemiol.**, v.26, n.5, pp.510–519, Sept 2016.

ZORLUER, I. Evaluation of Trace Elements from used Industrial Waste in Soil improvement. **An Acad Bras Cienc.**, v.92, n.3, Nov 2020. DOI 10.1590/0001-3765202020200974.

## ANEXO A: QUESTIONÁRIO CLÍNICO



SECRETARIA  
MUNICIPAL  
DE SAÚDE



SISTEMA  
ÚNICO  
DE SAÚDE

### QUESTIONÁRIO CLÍNICO A SER APLICADO EM VOLTA GRANDE IV

NOME DA UNIDADE DE SAÚDE: \_\_\_\_\_

ENDEREÇO DE EMAIL: \_\_\_\_\_

NOME COMPLETO: \_\_\_\_\_

DATA NASCIMENTO \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_      CONTATO TELEFÔNICO: \_\_\_\_\_

**Identificação/Código:** \_\_\_\_\_

Data da Entrevista: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

MÉDICO RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_

Supervisor: \_\_\_\_\_

Codificador: \_\_\_\_\_

Digitador: \_\_\_\_\_

<b>MÓDULO 1: ANAMNESE CLÍNICA</b>			
<b>HISTÓRIA PATOLÓGICA PREGRESSA</b>			
<b>(1) Doenças Cardiovasculares:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
(1.1)	_____	Qual(is):	
(1.2)	_____	Quando?	Ano:
<b>(2) Doenças Infecciosas:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
(2.1)	_____	Qual(is):	
(2.2)	_____	Quando?	Ano:

<b>(3) Doenças Neurológicas:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(3.1)		Qual(is):
_____		
(3.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(4) Doenças Respiratórias:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(4.1)		Qual(is):
_____		
(4.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(5) Doenças Gastrointestinais:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(5.1)		Qual(is):
_____		
(5.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(6) Doenças Hepáticas:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(6.1)		Qual(is):
_____		
(6.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(7) Doenças Renais:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(7.1)		Qual(is):
_____		
(7.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(8) Doenças Hematológicas:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(8.1)		Qual(is):
_____		
(8.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(9) Doenças Endócrinas:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(9.1)		Qual(is):
_____		
(9.2)	Quando?	Ano:
_____		



<b>(10) Doenças Psíquicas:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(10.1)		Qual(is):
_____		
(10.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(11) Doenças Osteoarticulares:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(11.1)		Qual(is):
_____		
(11.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(12) Doenças Uro/ginecológicas:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(12.1)		Qual(is):
_____		
(12.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(13) Doenças Otorrinolaringológicas:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(13.1)		Qual(is):
_____		
(13.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(14) Doenças da Visão:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(14.1)		Qual(is):
_____		
(14.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(15) Doenças da Pele:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(15.1)		Qual(is):
_____		
(15.2)	Quando?	Ano:
_____		
<b>(16) Neoplasias:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR		
(16.1)		Qual(is):
_____		
(16.2)	Quando?	Ano:
_____		

<b>(17) Internações:</b>		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
(17.1)			Qual(is): _____
(17.2)		Quando?	Ano: _____
<b>(18) Cirurgias:</b>		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
(18.1)			Qual(is): _____
(18.2)		Quando?	Ano: _____
<b>(19) Transfusão de sangue ou derivados:</b>		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
(19.1)			Qual(is): _____
(19.2)		Quando?	Ano: _____

História Patológica Atual			
<b>(20) Diagnóstico de Hipertensão Arterial:</b>		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
NS/NR			
(20.1)	Faz uso de remédios para controle da pressão arterial?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
NS/NR			
(20.2)	Caso afirmativo, faz uso de forma regular?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
NS/NR			
(20.3)	Quais os remédios que usa para controle da pressão arterial? _____		
(20.4)	Há quanto tempo utiliza esses remédios :  __ __  <input type="checkbox"/> D-Dia; M-Mês; A-Ano; I-Ignorado		
<b>(21) Diagnóstico de Diabete Mellitus:</b>		<input type="checkbox"/> Sim Tipo: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
NS/NR			
(21.1)	Faz uso regular de qual(is) medicações:	_____	
(21.2)	Há quanto tempo:	_____	

(22) Tem outro(s) problema(s) de saúde diagnosticado(s) por médico?  Sim  Não  
 NS/NR

(22.1) \_\_\_\_\_ Qual: \_\_\_\_\_

(22.1.1) Início: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

(22.2) Usa alguma medicação regularmente:  Sim  Não  NS/NR

(22.3) \_\_\_\_\_ Qual(is) \_\_\_\_\_ medicamento(s): \_\_\_\_\_

(22.3.1) Início: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

História Reprodutiva	
MULHERES	
(23) Possui filhos: <input type="checkbox"/> Sim	
<input type="checkbox"/> Não.	Motivo: _____
(24) Número de Gestações:  __ __  Gestações	
<b>(NO CASO DE NENHUMA GESTAÇÃO, MARCAR "00" E PASSAR PARA A QUESTÃO 25)</b>	
(24.1) Número de Partos:  __ __	
(24.1.1) Número de Natimortos:  __ __	
(24.1.2.1) Nascidos Vivos Sadios:  __ __	
(24.1.2.2) Nascidos Vivos Não Sadios:  __ __	
Qual doença (inclusive má formação)? _____	
(24.2) Número de Abortos:  __ __  <input type="checkbox"/> Provocados  __ __  <input type="checkbox"/> Espontâneos	
(24.2.1) Período em que ocorreu (ram) a(s) perda(s) gestacional (is): <input type="checkbox"/> Não houve perda gestacional	
<input type="checkbox"/> 1.º Trimestre	Quantos: _____
<input type="checkbox"/> 2.º Trimestre	Quantos: _____
<input type="checkbox"/> 3.º Trimestre	Quantos: _____

<b>(25) Idade em que ocorreu a primeira menstruação:</b>  __ __  Anos	
<b>(26) Idade em que parou de menstruar:</b>  __ __  Anos <input type="checkbox"/> Ainda menstrua (PASSE PARA QUESTÃO 28)	
<b>(26.1)</b>	Há quanto tempo parou de menstruar? _____
<b>(26.2)</b> Por que sr(a) não menstrua mais? <input type="checkbox"/> 1:Menopausa natural; <input type="checkbox"/> 2 :Cirurgia para retirada de útero ou ovários; <input type="checkbox"/> 3: Outros tratamentos (hormônios, quimioterapia ou radiação); <input type="checkbox"/> 4: Outra razão – especificar: _____	
<b>HOMENS</b>	
<b>(27) Possui filhos:</b> <input type="checkbox"/> Sim	
<input type="checkbox"/>	Não. Motivo: _____
<b>(27.1)</b>	Caso afirmativo, quantos? _____
<b>(27.2)</b> Todos são saudáveis? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR	
<b>(27.3)</b>	Caso negativo, qual ou quais doenças? _____

## MÓDULO 2 :Estilos de Vida

### TABAGISMO

**(28) Sr(a) é:**

Tabagista  Ex-tabagista (**Passe para a questão 30**)  Nunca fumou (**PASSE PARA A QUESTÃO 33**)

**(29) Quantos cigarros sr(a) fuma por dia?**

menos de 10  de 11 a 20  21 a 30  mais de 30 (**PASSE QUESTÃO 33**)

**(30) Há quanto tempo sr(a) parou de fumar:**  
\_\_\_\_\_

**(31) Durante quanto tempo sr(a) fumou:**  
\_\_\_\_\_

**(32) Quando sr(a) fumava, quantos cigarros sr(a) fumava, em média, por dia:**

menos de 10     de 11 a 20     21 a 30     mais de 30

CONSUMO DE ÁLCOOL

**(33) Sr(a) costuma ingerir bebidas alcoólicas?**  Sim     Não **(PASSE PARA 40)**

Parei de beber **(PASSE PARA QUESTÃO 37)**     Nunca bebi **(PASSE PARA QUESTÃO 40)**

**(34) Que tipo de bebida alcoólica o sr (a) bebe com maior frequência?**

cerveja     cachaça     vodka     vinho     outras

**(35) Qual frequência do seu consumo de bebidas alcoólicas?**

Diariamente     1 a 2 x semana     3 a 4x semana     5 a 6 x por semana  
 5 a 6 x por semana     Outra: \_\_\_\_\_

**(36) Em média, quantas doses o sr (a) consome?**

1 dose por dia     2 - 3 doses por dia     4 - 5 doses por dia     Mais de 6 doses por dia  
 Outra: especifique: \_\_\_\_\_     NS/NR **(PASSE PARA QUESTÃO 40)**

**(37) Há quanto tempo o sr(a) parou de beber:**

\_\_\_\_\_

**(38) Durante quanto tempo sr(a) bebeu:**

\_\_\_\_\_

**(39) Quando sr(a) bebia, quantos doses o sr(a) bebia, em média, por dia:**

Dose/

Bebida:-

\_\_\_\_\_

CONSUMO DE SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS

**(40) O sr(a) já usou ou usa algum tipo de droga:**

Sim **(PASSE 40.1)**

Não **(PASSE PARA A QUESTÃO 46)**

**(40.1) Continua usando?**  Sim **(PASSE PARA 41)**     Não **(PASSE PARA 45)**     NS/NR

**(41)**

**Quais?** \_\_\_\_\_

**(42) Frequência do uso de drogas:**

1 a 2 vezes por semana     3 a 4 vezes por semana

5 a 6 vezes por semana     Diariamente

Outra: \_\_\_\_\_ **(PASSE PARA QUESTÃO 45)**

**(43)                    Por                    quanto                    tempo                    usou                    drogas:**

\_\_\_\_\_

**(44)                    Há                    quanto                    tempo                    deixou                    de                    usar                    drogas:**

\_\_\_\_\_

**MÓDULO 3: História Familiar**

**(45) Alguém da sua família já teve câncer:**     Sim     Não **(PASSE PARA A QUESTÃO 46)**

**(45.1) Quem da sua família ou do seu convívio teve câncer:**

                   Pai.                    Qual(is)                    tipo(s)?

\_\_\_\_\_

                   Mãe.                    Qual(is)                    tipo(s)?

\_\_\_\_\_

                   Avô.                    Qual(is)                    tipo(s)?

\_\_\_\_\_

                   Avó.                    Qual(is)                    tipo(s)?

\_\_\_\_\_

                   Irmão(ã).                    Qual(is)                    tipo(s)?

\_\_\_\_\_

                   Filho(a).                    Qual(is)                    tipo(s)?

\_\_\_\_\_

                   Esposo(a).                    Qual(is)                    tipo(s)?

\_\_\_\_\_

                   Outro:                    \_\_\_\_\_.                    Qual(is)                    tipo(s)?

\_\_\_\_\_

**(45.2)                    Outras                    doenças                    familiares                    :**

\_\_\_\_\_

<b>MÓDULO 4: Sinais e Sintomas</b>	
<b>(46) Emagrecimento</b>	<input type="checkbox"/> Sim Quantos kg:_____ Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR
<b>(47) Fraqueza</b>	<input type="checkbox"/> Sim Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR
<b>(48) Tontura</b>	<input type="checkbox"/> Sim Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR
<b>(49) Sonolência</b>	<input type="checkbox"/> Sim Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR
<b>SISTEMA NERVOSO CENTRAL E PERIFÉRICO</b>	
<b>(50) Dificuldade de enxergar</b>	<input type="checkbox"/> Sim Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR
<b>(51) Alteração da Humor / Depressão</b>	<input type="checkbox"/> Sim. Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR
<b>(52) Alteração da atenção</b>	<input type="checkbox"/> Sim Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR
<b>(53) Alteração da memória</b>	<input type="checkbox"/> Sim Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR
<b>(54) Sudorese Noturno</b>	<input type="checkbox"/> Sim Por quanto tempo:_____
Qual motivo:_____	
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR

<b>(55) Formigamentos</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Por quanto tempo: _____	<input type="checkbox"/> MMSS
<input type="checkbox"/> MMII			
Qual motivo: _____			
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
<b>(56) Movimentos Involuntários</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Por quanto tempo: _____	
Qual motivo: _____			
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
<b>(57) Tremores</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Por quanto tempo: _____	<input type="checkbox"/> MMSS <input type="checkbox"/>
MMII			
Qual motivo: _____			
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
<b>(58) Câibras</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Por quanto tempo: _____	<input type="checkbox"/> MMSS <input type="checkbox"/> MMII
Qual motivo: _____			
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
<b>(59) Diminuição da força muscular</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Por quanto tempo: _____	
<input type="checkbox"/> MMSS <input type="checkbox"/> MMII      Qual motivo: _____			
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
<b>(60) Convulsões</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Por quanto tempo: _____	
Tipo: _____			
<input type="checkbox"/> MMSS <input type="checkbox"/> MMII      Qual motivo: _____			
<input type="checkbox"/> De forma inexplicada <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
<b>SISTEMA HEMATOLÓGICO E SISTEMA IMUNOLÓGICO</b>			
<b>(61) Petéquias:</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Há quanto tempo: _____	
<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
<b>(62) Hematomas</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Há quanto tempo: _____	
<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
<b>(63) Epistaxe</b>	<input type="checkbox"/> Sim	Há quanto tempo: _____	
<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			



ECTOSCOPIA			
(64) Irritação Ocular	<input type="checkbox"/>	Sim	Há quanto tempo: _____
<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> NS/NR			
(65) Orientado:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	(74) Lúcido:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
(66) Fácies:	<input type="checkbox"/> atípico <input type="checkbox"/> inexpressivo <input type="checkbox"/> indiferente <input type="checkbox"/> tristeza <input type="checkbox"/> euforia <input type="checkbox"/> ansiedade	<input type="checkbox"/> outra: _____	
(67) Marcha:	<input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> alterada		
(68) Deformidades:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não → Qual: _____		
(69) Equilíbrio:	Dinâmico: <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> alterado	Estático: <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> alterado	
(70) Tremores:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não → Onde: <input type="checkbox"/> facial <input type="checkbox"/> membro superior <input type="checkbox"/> membro inferior <input type="checkbox"/> outro(s): _____		
(71) Pupilas isocóricas:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
(72) Nistagmus:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	(73) Diplopia:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
(74) Acomodação:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
(75) Disfonia:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
(76) Mucosas:	<input type="checkbox"/> coradas <input type="checkbox"/> descoradas	(77) Icterícia:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
(78) Gânglios palpáveis:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não → Quais: <input type="checkbox"/> submandibular <input type="checkbox"/> pescoço <input type="checkbox"/> outro(s): _____		
(79) Lesões de pele:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não → Quais: <input type="checkbox"/> manchas <input type="checkbox"/> furúnculos <input type="checkbox"/> pruridos <input type="checkbox"/> dermatite irritativa <input type="checkbox"/> eritema <input type="checkbox"/> outra(s): _____		
(79.1)	Localização: _____		
(79.2)	Descrição: _____		

<b>(80) Acne:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
(80.1)	Localização: _____
(80.2)	Extensão: _____
<b>(81) Edemas</b> <input type="checkbox"/> Sim	
Onde: _____	
<input type="checkbox"/> Não	
<b>(82) Fâneros:</b> <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Alterado.	
Qual: _____	
<b>(83) Tireóide:</b> <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Alterado.	
Qual: _____	
APARELHO CARDIOVASCULAR (ACV)	
<b>(84) Pressão Arterial:</b>  __ __ __  x  __ __ __  mmHg	
<b>(85) Frequência Cardíaca:</b>  __ __ __  bpm	
<b>(86) Ritmo cardíaco</b> <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Alterado: _____	
<b>(87) Bulhas normofonéticas</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<b>(88) Pulso Radial Esquerdo:</b> <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Alterado
APARELHO RESPIRATÓRIO (AR)	
<b>(89) Deformidade torácica:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não → Qual: _____	
<b>(90)</b> <input type="checkbox"/> Eupnéico <input type="checkbox"/> Taquipnéico ipm _____	
<b>(91) Murmúrio Vesicular bem distribuído:</b> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não → Por que? _____	

## ANEXO B - QUESTIONÁRIO AMBIENTAL

DADOS GERAIS E DEMOGRÁFICOS

1- <b>Sexo:</b>	<input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Feminino
2- <b>Estado Civil:</b>	<input type="checkbox"/> Solteiro/Normal	<input type="checkbox"/> Casado/Mora junto
	<input type="checkbox"/> Divorciado/Separado	<input type="checkbox"/> Viúvo
3- <b>Escolaridade:</b>	<input type="checkbox"/> Analfabeto	
	<input type="checkbox"/> Ensino fundamental incompleto (antigo 1° grau)	
	<input type="checkbox"/> Ensino fundamental completo (antigo 1° grau)	
	<input type="checkbox"/> Ensino médio incompleto (antigo 2° grau)	
	<input type="checkbox"/> Ensino médio completo (antigo 2° grau)	
	<input type="checkbox"/> Ensino superior incompleto	
	<input type="checkbox"/> Ensino superior completo	
	<input type="checkbox"/> Pós-graduação	
4- <b>Possui filhos?</b>	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
5- <b>Possui quantos filhos?</b>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
6- <b>Altura:</b>	<input type="text"/> , <input type="text"/> m	<input type="checkbox"/> NS/NR
7- <b>Peso:</b>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Kg	<input type="checkbox"/> NS/NR

### INFORMAÇÕES SOBRE MORADIA

8- <b>Há quanto tempo reside em Volta Redonda?</b>	<input type="text"/> anos	<input type="text"/> meses
9- <b>Há quanto tempo reside no condomínio Volta Grande IV?</b>	<input type="text"/> anos	<input type="text"/> meses

10- Há quanto tempo reside no endereço atual?     |\_\_| anos |\_\_| meses

11- Antes você morou em locais no complexo Santo Agostinho (Volta Grande I, II, III E IV, Santo Agostinho, Parque das Águas, Parque São Jorge, Jardim das Américas e Vila Harmoniosa)? |\_\_| Sim       |\_\_| Não

12- Quantas pessoas moram nessa casa     |\_\_ \_\_| pessoas

13- Houve obra com escavação em sua residência para ampliação do imóvel?

|\_\_| Sim\*   |\_\_| Não

\*Que tipo? \_\_\_\_\_

14- Sua casa possui piscina?

|\_\_| Sim   |\_\_| Não

15- Próximo a sua residência existe alguns dos itens abaixo:

Fundação/corte de metais                   |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

Polimento e refinamento de metais       |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

Indústria de cerâmica                       |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

Fábrica de bateria                           |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

Fábrica/decoração de vidros e cristais   |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

Fábrica de fumo                             |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

Atividade de jateamento                   |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

Lixão   |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

Galvanoplastia                               |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

16- Você já morou próximo a um desses locais acima citados?     |\_\_| Sim\* |\_\_| Não  
|\_\_| NS/NR

\*Qual/Quais? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

17- Há quanto tempo morou nesse lugar?      |\_\_| anos |\_\_| meses

18- Por quanto tempo?      |\_\_| anos |\_\_| meses

### INFORMAÇÕES SOBRE CONTATO COM O SOLO

19- TEM, atualmente, contato direto com o solo em Volta Grande IV? |\_\_| Sim  
\* |\_\_| Não |\_\_|

\* Desde quando TEM contato direto com solo em Volta Grande IV? |\_\_| anos  
|\_\_| meses |\_\_| dias

\* Como TEM contato com o solo?

Plantação para consumo próprio      |\_\_|

Recreação      |\_\_|

Trabalhando      |\_\_|

Plantação comercial      |\_\_|

Jardinagem      |\_\_|

Abertura de poços (artesiano/escavado) |\_\_|

Revolvimento de solo/terra      |\_\_|

Outros: \_\_\_\_\_

20- TEVE contato direto com o solo em Volta Grande IV? |\_\_| Sim \* |\_\_| Não |\_\_|

\* Durante quanto tempo TEVE contato direto com solo em Volta Grande IV?  
|\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

\* Há quanto tempo DEIXOU DE TER contato direto com solo em Volta Grande IV?  
|\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

\* Como TEVE contato com o solo?

Plantação para consumo próprio      |\_\_|

Recreação	<input type="checkbox"/>
Trabalhando	<input type="checkbox"/>
Plantação comercial	<input type="checkbox"/>
Jardinagem	<input type="checkbox"/>
Abertura de poços (artesiano/escavado)	<input type="checkbox"/>
Revolvimento de solo/terra	<input type="checkbox"/>
Outros: _____	
<b>21- Como é o solo do quintal e entorno de sua casa?</b>	
Cimento	<input type="checkbox"/>
Gramado	<input type="checkbox"/>
Terra	<input type="checkbox"/> Misto
Outros: _____	
<b>22- Sente algum tipo de odor estranho oriundo de sua residência ou do próprio Condomínio Volta Grande IV?</b>	
<input type="checkbox"/> Sim* <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
*Esse odor se assemelha com já conhecido (ex. algum produto químico)?	
_____	
_____	

### SANEAMENTO

<b>23- Qual a procedência da água consumida para beber atualmente?</b>	
Poço	<input type="checkbox"/>

SAAE	__
Água mineral	__
Outros:	_____
* Quando foi a última vez que bebeu água de poço em Volta Grande IV?	__  anos
__  meses  __  dias	
* Por quanto tempo bebeu água de poço em Volta Grande IV?	__  anos
__  meses  __  dias	
<b>24- Utiliza, atualmente, água de poço de Volta Grande IV para outros fins?</b>	
Banho	Sim  __  Não  __
Utilização na cozinha	Sim  __  Não  __
Irrigação (horta, jardim, etc)	Sim  __  Não  __
Banho de Animais	Sim  __  Não  __
Criação de Peixes	Sim  __  Não  __
Piscina	Sim  __  Não  __
Limpeza	Sim  __  Não  __
<b>25- Qual o tipo de encanamento utilizado no fornecimento de água potável?</b>	
__  PVC (Plástico)	
__  Metal	
__  NS/NR	Outros: _____
<b>26- Ocorre alagamento no terreno do quintal e entorno de sua casa?</b>	
Não  __	Sim  __

ESTILO DE VIDA / HÁBITOS COMPORTAMENTAIS

**HÁBITO DE FUMAR**

27- <b>Você possui o hábito de fumar?</b>	__  Sim*	__  Não	
*Fuma diariamente?	__  Sim**	__  Não	
** Fuma quantos cigarros por dia?	__  Cigarros por dia	__  Maços por dia	
**Qual o tipo de cigarro que mais fuma?	__  cigarro industrializado com filtro		
__  cigarro industrializado sem filtro			
__  cigarro de palha			
__  outros _____			
28- <b>Já fumou alguma vez na vida?</b>	__  Sim*	__  Não	
* Há quanto tempo parou de fumar?	__  anos	__  meses	__  NS/NR
* Fumou por quanto tempo	__  anos	__  meses	__  NS/NR
*Quando fumava, quantos cigarros fumava por dia (em média)?	__  Cigarros por dia	__  Maços por dia	
29- <b>Convive com fumantes diariamente?</b>	__  Sim	__  Não	

### HÁBITO DE BEBER



30- <b>Você possui o hábito de beber?</b>	<input type="checkbox"/> Sim*	<input type="checkbox"/> Não
*Quantas vezes por semana consome bebida alcóolica?	<input type="checkbox"/> Todos os dias	
<input type="checkbox"/> 5 a 6 dias		
<input type="checkbox"/> 1 a 4 dias	<input type="checkbox"/> quase nunca	<input type="checkbox"/> Nunca (passe para 24)
<input type="checkbox"/> NS/NR		
*Quais as bebidas alcóolicas que você costuma consumir?	<input type="checkbox"/> cerveja	
	<input type="checkbox"/> vinho	
	<input type="checkbox"/> cachaça	
	<input type="checkbox"/> outros _____	
*Quantas doses você costuma consumir por dia?	<input type="text"/> doses	

### DROGAÇÃO

31- <b>Já fez uso de drogas (maconha, cocaína) alguma vez na vida?</b>	<input type="checkbox"/> Sim*	<input type="checkbox"/> Não
*Faz uso atualmente?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
#Quantas vezes por semana você utiliza?	<input type="checkbox"/> Todos os dias	<input type="checkbox"/> 5 a 6 dias
<input type="checkbox"/> 1 a 4 dias	<input type="checkbox"/> quase nunca	
<input type="checkbox"/> Nunca (passe para 24)	<input type="checkbox"/> NS/NR	
# Qual o tipo de droga que você utiliza?	<input type="checkbox"/> maconha	
	<input type="checkbox"/> cocaína	
	<input type="checkbox"/> outros _____	
**Há quanto tempo parou de usar?	<input type="text"/> anos	<input type="text"/> meses
	<input type="checkbox"/> NS/NR	
** Usou por quanto tempo?	<input type="text"/> anos	<input type="text"/> meses
	<input type="checkbox"/> NS/NR	

### ATIVIDADE FÍSICA/LAZER

**32. Você pratica alguma atividade física (ex: corrida, musculação, caminhada)?**  
 Sim \*  Não

\* Essas atividades são realizadas no condomínio Volta Grande IV ou proximidades?  
 Sim  Não

**33. Nos últimos 90 dias, você praticou algum tipo de exercício físico ou esporte?**  
 Sim\*  Não \*Onde? \_\_\_\_\_

**34. Você costuma realizar atividades que exijam esforço físico no seu trabalho?**  
 Sim  Não

**35. Você tem o hábito de fazer a faxina da sua casa?**  
 Sim  Não

**36. O que você costuma fazer nos momentos de lazer?**

<input type="checkbox"/>	mecânica de automóveis
<input type="checkbox"/>	pintura de telas
<input type="checkbox"/>	pintura de paredes
<input type="checkbox"/>	jardinagem
<input type="checkbox"/>	trabalhar com metais
<input type="checkbox"/>	trabalhar com soldas
<input type="checkbox"/>	outros _____

**37. Você faz uso das áreas de lazer presentes no Condomínio Volta Grande IV ou áreas próximas?**  Sim\*  Não \* Qual delas? \_\_\_\_\_



**40. Atualmente consome verduras provenientes de Volta Grande IV?**

|\_\_| Sim\* |\_\_| Não

\* Há quanto tempo consome? |\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

\* Com que frequência consome esses produtos? |\_\_| Vezes por dia

|\_\_| Vezes por semana  
|\_\_| Vezes por mês**41. Atualmente consome legumes provenientes de Volta Grande IV?**

|\_\_| Sim\* |\_\_| Não

\* Há quanto tempo consome? |\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

\* Com que frequência consome esses produtos? |\_\_| Vezes por dia  
|\_\_| Vezes por semana  
|\_\_| Vezes por mês**42. Atualmente consome frutas # provenientes de Volta Grande IV?**

|\_\_| Sim\* |\_\_| Não

#OBS: Existem ao longo do Condomínio plantação das seguintes frutas: acerola, banana, coco, goiaba, laranja, limão, mamão e sapoti.

\* Há quanto tempo consome? |\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

\* Com que frequência consome esses produtos? |\_\_| Vezes por dia  
|\_\_| Vezes por semana  
|\_\_| Vezes por mês**43. Atualmente consome algum leite, queijo ou outros derivados do leite provenientes de Volta Grande IV?**

|\_\_| Sim\* |\_\_| Não

\* Há quanto tempo consome? |\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

\* Com que frequência consome esses produtos? |\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

**44. Já consumiu verduras, legumes ou frutas cultivados no Volta Grande IV?**

|\_\_| Sim\* |\_\_| Não

\* Por quanto tempo consumiu? |\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

\* Há quanto tempo deixou de consumir? |\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

**45. Já consumiu algum tipo de produto (carnes, ovos, legumes, frutas, leite e seus derivados etc.) produzido em Volta Grande IV** |\_\_| Sim\* |\_\_| Não

\* Há quanto tempo consome? |\_\_| anos |\_\_| meses |\_\_| dias

\* Com que frequência consome esses produtos? |\_\_| | Vezes por dia  
|\_\_| | Vezes por semana  
|\_\_| | Vezes por mês

**46. Você consome alimentos embutidos?** |\_\_| Sim\* |\_\_| Não

\* Com que frequência consome esses produtos? |\_\_| | Vezes por dia  
|\_\_| | Vezes por semana  
|\_\_| | Vezes por mês  
|\_\_| | Menos de 1 vez/mês  
|\_\_| | NS/NR

**47. Você costuma fazer uso de suplementos alimentares (vitamínicos e minerais)?** |\_\_| Sim  
|\_\_| Não

<b>DADOS LABORAIS</b>
-----------------------

**48. Trabalha ou tem alguma atividade remunerada (incluindo atividade principal e outras atividades)?**

Sim  Não\*

\*Por que não trabalha?

Desempregado

Aposentado

Recebe auxílio do governo (ex: bolsa família)

Estudante (**passa para 55**)

Do lar (**passa para 54**)

Possui problemas de saúde

Outros: \_\_\_\_\_

**49. Considerando salário, pensão, aluguel ou bico, sua renda aproximada é de?**

Até R\$ 500,00

De R\$ 500,00 a R\$ 1000,00

De R\$ 1000,00 a R\$ 2000,00

De R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00

Acima de R\$ 3000,00

NS/Recusa

**50. Qual é a sua principal ocupação/cargo?**

\_\_\_\_\_

**51. Há quanto tempo você exerce essa ocupação?**

anos  meses  NS/NR

**52. Qual a carga horária semanal exercida nessa ocupação?**  horas/semana

**53. Faz uso de equipamento de proteção individual como luva e/ou máscara e/ou avental?**

Sempre. Especifique: \_\_\_\_\_

Não

Raramente. Especifique: \_\_\_\_\_

**54. Onde você lava sua roupa de trabalho?**

- Casa
- A empresa manda lavar
- Lavanderia
- Raramente. Especifique: \_\_\_\_\_

**55. Você faz exames médicos periódicos?**  Sim  Não

**56. Exerce alguma atividade sem vínculo empregatício (bico, faxina, etc)?**

- Sim. Especifique qual e por quanto tempo: \_\_\_\_\_
- Não

**57. Alguma vez esteve exposto a algum tipo de metal?**  Sim  Não

**58. Já trabalhou em algumas das áreas abaixo?**

- |  |                              |                              |                                |
|--|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Fundação/corte de metais               | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Polimento e refinamento de metais      | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Indústria de cerâmica                  | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica de bateria                     | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica/decoração de vidros e cristais | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Atividade de soldagem                  | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Fábrica de fumo                        | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Atividade de jateamento                | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Lavoura                                | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Lixão                                  | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Estaleiro                              | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Galvanoplastia                         | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |
| Gráfica                                | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> NS/NR |

**59. Por quanto tempo trabalhou?**  anos  meses  NS/NR

**CARACTERÍSTICAS GERAIS DE SAÚDE**

60- Quantas vezes você foi ao médico no último mês? |\_\_|

61- Você foi hospitalizado no último ano? |\_\_| Sim\* |\_\_| Não |\_\_|

\*Qual o motivo da hospitalização?

---

62- Toma alguma medicação de uso contínuo? |\_\_| Sim\* |\_\_| Não |\_\_|

Quais/quais? \_\_\_\_\_

---

63- Alguma vez o(a) Sr(a) sentiu algum destes sintomas ou algum médico disse que o(a) Sr(a) tinha alguma destas doenças? Marque Sim ou Não para cada uma delas.

a- Asma |\_\_| Sim |\_\_| Não

|\_\_|

b- Tuberculose |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_|

c- Anemia |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_|

d- Erupção Cutânea |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_|

e- Pneumonia |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_|

f- Edema pulmonar |\_\_| Sim |\_\_| Não |\_\_|

g- Bronquite |\_\_| Sim |\_\_| Não

|\_\_|

h- Distúrbios do sono |\_\_| Sim |\_\_| Não

|\_\_|

i- Instabilidade emocional (irritabilidade, humor instável) |\_\_| Sim |\_\_| Não

|\_\_|

j- Dores musculares |\_\_| Sim |\_\_| Não

|\_\_|

l- Distúrbios da fala |\_\_| Sim |\_\_| Não

**ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO- TCLE**



**(65) DADOS GERAIS:**

Número de gestações: |\_\_ \_\_|

Número de partos: |\_\_ \_\_|

Número de filhos com malformação: |\_\_ \_\_|

Número de filhos com retardo no desenvolvimento neuropsicomotor: |\_\_ \_\_|

Houve tentativa de ter filhos/engravidar sem sucesso: |\_\_| Sim |\_\_| Não  
|\_\_| NS/NR**(66) Está grávida?** |\_\_| Sim |\_\_| Não**(67) Está amamentando?** |\_\_| Sim |\_\_| Não**(68) A senhora já sofreu algum aborto espontâneo desde sua vinda para Volta Grande IV?**

|\_\_| Sim\* |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

\*Quantos? |\_\_ \_\_|

**(69) A senhora já sofreu algum aborto espontâneo antes da sua vinda para Volta Grande IV?**

|\_\_| Sim\* |\_\_| Não |\_\_| NS/NR

\*Quantos? |\_\_ \_\_|

**(70) Em relação a sua ÚLTIMA gravidez:**

Com quantos meses seu bebe nasceu? \_\_\_\_\_ |\_\_| NS/NR

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **“IMPACTO CAUSADO POR RESÍDUOS INDUSTRIAIS À SAÚDE DA POPULAÇÃO RESIDENTE EM CONDOMÍNIO HABITACIONAL DE VOLTA REDONDA, RJ”**, desenvolvido pela pesquisadora Maria de Fátima Ramos Moreira e sua equipe. Você foi selecionado porque mora

no Condomínio Volta Grande IV e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Contudo, sua participação é muito importante, pois contribuirá para melhor compreensão de um problema que atinge seu bairro.

Os objetivos deste estudo são verificar se o ar e a água dos poços e cacimbas da região do Condomínio, e as pessoas que moram no local estão contaminados por metais e tentar diminuir ou acabar com a exposição. Sua participação nesta pesquisa consistirá em doar sangue, urina e água de torneira, além de responder a um questionário. Este estudo não oferece nenhum risco para você, porque as coletas de sangue e urina não fazem mal, no máximo, você vai sentir um desconforto com a picada da agulha. Os benefícios relacionados com a sua participação são identificar alguma alteração de seu estado de saúde, saber se está contaminado, como se contamina, aprender a lidar com essa contaminação e também diminuir contaminação e efeitos que, por acaso, já existam. No caso dos resultados mostrarem alguma contaminação, você deverá procurar o médico do posto de saúde de Volta Redonda, que estará capacitado para lhe prestar a assistência necessária.

As informações dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo de sua participação. Ninguém, além de você, vai ficar sabendo dos resultados dos seus exames. Seu nome não vai aparecer em nenhum lugar, porque será transformado em número. O laudo com os resultados dos níveis de metais nos fluidos biológicos será entregue em mãos e em envelope lacrado. Além disso, os resultados, conclusões e sugestões do projeto serão apresentados em palestras dirigidas aos participantes da pesquisa. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, pois iremos juntar os resultados em grupos. Depois da análise do sangue, urina, água e ar, todo material será jogado fora e os resultados serão usados em relatórios e artigos científicos. Esses dados ficarão sob a guarda da coordenadora do projeto por cinco anos, e depois serão destruídos. Os dados do questionário por você respondido serão reproduzidos apenas em publicações científicas, respeitando-se o sigilo do seu nome. Ao final da pesquisa, todo material será mantido em arquivo, por pelo menos 5 anos, conforme Resolução 466/12 e orientações do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) / ENSP.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional da pesquisadora principal e do CEP, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
(Participante da Pesquisa) Data

\_\_\_\_\_  
Maria de Fátima Ramos Moreira - Pesquisadora Responsável

CESTEH/ENSP/FIOCRUZ

Rua Leopoldo Bulhões, 1480 – CEP: 21041-210. Manguinhos - Rio de Janeiro

Telefone: 2598-2821.

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da ENSP: Tel e Fax: 2598-2863 e-mail: [cep@ensp.fiocruz.br](mailto:cep@ensp.fiocruz.br)