
Concentrações séricas de metais e suas implicações para a saúde pública

Serum metal concentrations and its implications for public health

Aldo Pacheco Ferreira¹, Eduardo Dias Wermelinger²

¹Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro-RJ, Brasil; ²Departamento de Ciências Biológicas, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

Resumo

Objetivo – Pesquisar níveis séricos de metais em uma amostra da população dos municípios que compõem a Baía de Sepetiba. **Métodos** – Realizou-se um estudo de corte transversal (seccional) para determinação de Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Al e As. O sangue foi obtido de 909 doadores voluntários entre 18 e 65 anos, de janeiro a novembro de 2011. **Resultados** – Hg apresentou-se acima do valor de referência (VR) no sexo masculino na faixa de 18-39 anos com 9,29 µg/l e de 5,40 µg/l na faixa de 40-65 anos. Teores de Cd estiveram acima do VR na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino com 0,17 µg/l e de 0,11 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi também acima do VR com 0,06 µg/l e de 0,04 µg/l na faixa de 40-65 anos. Nível elevado desses metais proporcionalmente o aparecimento de problemas hepáticos, renais, respiratórios, Alzheimer e câncer. Teores de Pb, Cu, Al, Zn e As apresentaram-se abaixo do VR. **Conclusão** – Devido aos potenciais efeitos adversos causados pela exposição a metais e da inexistência de legislação de exposição para além do nível ocupacional, frente aos dados encontrados, há necessidade de programas de acompanhamento da população, bem como inspeções ambientais, com monitoramento sistemático dos efluentes, e em paralelo, subsidiando ações essenciais para que a população obtenha condições de saúde e o ambiente reflita qualidade.

Descritores: Metais/sangue; Saúde pública; Exposição ocupacional/análise; Exposição ocupacional/efeitos adversos; Exposição ambiental

Abstract

Objective – To research serum metal levels in human blood sample among a population sample of Baía de Sepetiba. **Methods** – It was conducted a cross-sectional study for determination of Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Al and As serum levels. Blood was obtained from 909 volunteer donors between 18 and 65 years, from January to November 2011. **Results** – Hg presented levels beyond reference value (RV) within male participants with 18-39 years with 9.29 µg/l and 5.40 µg/l in 40-65 years. Cd levels showed elevated levels up the RV in male 18-39 years with 0.17 µg/l and 0.11 µg/l in 40-65 years. In the female age group at 18-39 years the levels were also up the RV with 0.06 µg/l and 0.04 µg/l in 40-65 years. High levels of these metals lead to the appearance of hepatic, kidney, and respiratory problems, Alzheimer, and cancer. Pb, Cu, Al, Zn and As concentrations were below the RV. **Conclusion** – Due to the potential adverse effects caused by exposure to metals and the absence of legislation for beyond the occupational level, compared to the data found, there is need of programs for population monitoring and environmental inspections, and in parallel, subsidizing essential actions for the population to obtain health and the environment reflects quality.

Descriptors: Metals/blood; Public health; Occupational exposure/analysis; Occupational exposure/adverse effects; Environmental exposure

Introdução

O principal objetivo dos estudos de biomonitoramento é avaliar a exposição humana ao comparar as concentrações medidas de elementos tóxicos com as dos grupos de controle ou com a literatura baseada em valores de referência (VR)¹⁻². Assim, o conhecimento de VR em sangue humano fornece uma visão significativa para o grau de exposição e é de fundamental importância no controle da poluição ambiental³.

A saúde e a doença não são fenômenos isolados nem opostos, sendo tão somente o resultado da interação entre o homem e o meio que o rodeia. O ser humano está assim exposto a agentes químicos, físicos e biológicos potencialmente perigosos presentes no ar, solo, água e alimentos⁴. Contudo, a exposição não resulta apenas da presença do agente no ambiente sendo que a palavra-chave na definição da exposição é o contato. Este deverá ocorrer entre o agente e a barreira exterior do corpo humano como as vias respiratórias, contato dérmico e ingestão².

A industrialização concentra nas regiões onde se instala problemas decorrentes da poluição atmosférica,

aquática e dos solos, que podem provocar alterações fisiológicas e morfológicas nas populações, a eles exposta³⁻⁴. Esta vertente do desenvolvimento não tem sido objeto de investigação sistemática por parte da comunidade científica. Escassos têm sido os estudos, relacionando a ação de agentes químicos utilizados em diversas formas de produção industrial e o seu impacto na saúde das populações^{1,4}.

Os metais são, entre os poluentes tóxicos, caso único em que todos os elementos ocorrem naturalmente na biosfera. São contaminantes ambientais ubíquos, podendo ser encontrados no solo, água e alimentos. Alguns metais são essenciais ao organismo humano, e são conhecidos como micronutrientes, pois estão presentes no organismo em doses pequenas, como é o caso do zinco (Zn) e cobre (Cu) que podem se tornar tóxicos, se ultrapassarem determinadas concentrações limites^{2,5}. Outros metais não existem naturalmente em nenhum organismo vivo, nem tampouco desempenham funções nutricionais ou bioquímicas, ou seja, a presença destes metais no organismo pode ser preju-

dicial em qualquer concentração, como é o caso do chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cádmio (Cd), arsênio (As) e alumínio (Al)².

Esta relação entre a essencialidade e a toxicidade varia em função da natureza do metal e da espécie envolvida. Muitos metais quer sejam não essenciais como o antimônio (Sb), cromo (Cr), As, Pb e Cd, ou essenciais à manutenção dos processos fisiológicos das células e tecidos, como o manganês (Mn), selênio (Se), Cu e Zn são poluentes ambientais que podem por vezes influenciar de forma irreversível os processos fisiológicos e bioquímicos. Podem alterar o balanço redox, interagir com proteínas tornando-as disfuncionais ou inativando-as⁶.

A exposição ambiental a metais pesados

Embora alguns metais sejam essenciais para o desempenho de vários processos bioquímicos, todos são considerados agentes tóxicos quando acima de VR²⁻³. Uma característica especial dos metais é sua tendência de acumular-se nos tecidos biológicos e, em geral, a sua eliminação é lenta. Essa mesma característica ocorre com os metais no ambiente⁷. Uma vez nesse sistema, os metais mantêm-se por longo período e a exposição da população a esses compostos, mesmo que a baixas concentrações pode resultar, a longo prazo, em efeitos prejudiciais à saúde³.

A exposição ambiental a metais pesados e sua introdução no organismo, até mesmo em baixos níveis, constitui um grave problema de saúde pública, devido a ausência de uma concentração destes que seja inofensiva e em razão de sua habilidade em se acumular no corpo humano⁴.

Os metais pesados são, por definição, elementos químicos com uma massa atômica elevada e uma massa específica superior a 5 g.cm⁻³. E, devido ao longo de vários séculos, os metais pesados foram utilizados em diversas atividades do dia a dia. Por essa razão, independentemente do seu uso seguro em processos industriais e em produtos de consumo, alguma exposição humana aos metais é inevitável^{2,6}. Alguns destes metais apresentam uma extensa área de interesse nas áreas ambiental e medicina ocupacional devido às evidências de que estes provocam doenças específicas.

Atualmente, a saúde dos indivíduos expostos a agentes tóxicos é estimada através da medição de poluentes ambientais ou por biomonitorização. As análises toxicológicas envolvendo metais sempre estiveram associadas a eventos de curto prazo, quando os efeitos são agudos, bem evidentes. Nos dias atuais, observam-se ocorrências a médio e longo prazo, e as relações causa-efeito são pouco evidentes e quase sempre subclínicas. Recentemente, o desenvolvimento de novas metodologias veio possibilitar o estudo da dose e dos seus efeitos na saúde com maior precisão⁷⁻⁹.

A crescente consciência de que o modo como ocorre a degradação do meio ambiente pode influenciar a saúde, reflete-se no aumento de estudos epidemiológicos e toxicológicos que permitem estimar a carga da

doença (morbidade e mortalidade) atribuíveis a fontes antropogênicas^{2,6}. Com base nisso, a proposta do presente estudo foi de detectar níveis de metais-traço, argumentar sobre a causalidade de problemas que acomete a saúde pública pela exposição ambiental, bem como discutir e sinalizar potenciais alterações que possam significativamente atenuar os malefícios causados na população.

Métodos

População e amostra

Foi realizado um estudo de corte transversal (seccional), com o qual buscou determinar os níveis séricos de metais (Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Al e As) em uma população adulta; através do qual foram obtidas as prevalências de exposição aos metais, com os respectivos intervalos de confiança, no universo amostral segundo sexo e grupo etário.

Considerando-se o universo de 7,6 mil doadores de sangue cadastrados nas unidades de hemoterapia existentes na área estudada, considerou-se, também, uma prevalência máxima de exposição populacional ao cádmio como sendo da ordem de 50%. Aceitando-se uma prevalência de 46% (caso a estimativa anterior fosse o verdadeiro parâmetro populacional) e definindo-se uma confiabilidade de 99%, estimou-se o tamanho da população de estudo em 1.120 participantes para a determinação das prevalências de exposição. Tomando-se em consideração um erro de desenho de 20%, seria necessária a inclusão aproximada de cerca de 1.345 participantes no inquérito proposto. Entretanto, apesar de terem sido entrevistados 1.034 adultos, este estudo apresentou uma perda de 125 indivíduos, por não apresentarem resultados laboratoriais para presença de cádmio no sangue, contando com uma amostra final de 909 doadores de sangue. A seleção dos voluntários, aplicação do instrumento de coleta de dados e coleta de sangue se deu entre os meses de janeiro a novembro de 2011.

Coleta de sangue/análises

As amostras de sangue foram coletadas nos serviços ambulatoriais dos laboratórios participantes da investigação que recebem prioritariamente moradores das regiões-alvo do estudo, com os pacientes apresentando 12 horas de jejum. As amostras do sangue foram coletadas em vidros esterilizados, previamente imersos, durante 12 horas, em solução de HNO₃ 1:1 (v/v) e, posteriormente, rinsados com água deionizada.

A coleta foi feita em tubos de vidro da BD Vacutainer com capacidade de 6 ml. O soro foi obtido pela centrifugação do sangue coagulado a 3000 RPM durante 20 minutos. As amostras de soro foram separadas em alíquotas de 1 ml usando micropipetas e ponteiros descartáveis e mantidas a -18°C até a análise.

Análises laboratoriais de espectrometria ICP-MS

A técnica de espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplada (ICP-MS) foi utilizada na quantifi-

cação dos metais¹⁰⁻¹¹ e os parâmetros operacionais encontram-se no Quadro 1. Foi utilizado o espectrômetro de massas ELAN 6100 (Perkin-Elmer/Sciex), quadrupolo, resolução de massa de 0,6 a 0,8 unidades de massa atômica, alinhamento/distância tocha-amostrador e vazão do gás nebulizador, aspirando-se uma com solução analítica com os elementos Mg, Rh, Ba e Pb (10 µg.l⁻¹), a qual foi utilizada também para verificar a sensibilidade do equipamento.

Quadro 1. Parâmetros operacionais utilizados na quantificação de metais

Parâmetro	ICP-MS
Potência de radio frequência (W)	1100 0,95 – nebulizador
Vazão de argônio (l/min)	15,0 – plasma 1,20 – auxiliar
Nebulizador e taxa de aspiração	Meinhard com câmara ciclônica (1,0 ml.mim ⁻¹)
Analito e padrão interno	¹²¹ Sb, ¹²³ Sb, ¹¹⁵ In
Amostrador (Skimmer)	Platina

Para análise espectrométrica, as amostras foram analisadas pelo ICP-MS após simples diluição do soro de 1:10. O diluente utilizado continha 0,05% de triton-X, 1g/l de EDTA e 1 mg/l dos elementos ¹²¹Sb, ¹²³Sb, ¹¹⁵In, usados como padrão interno. A solução final ficou com aproximadamente 0,2% de HNO₃, o ideal para evitar a precipitação do soro, que ocorre em meio ácido. A pequena acidez resultante nas amostras é proveniente dos padrões utilizados na preparação das amostras, os quais possuem em torno de 5% do ácido.

Aplicação de questionário

As equipes de entrevistadores foram compostas por técnicos e formadas por pelo menos 4 indivíduos, sendo um coordenador por equipe. O treinamento dos entrevistadores foi realizado por meio de reuniões, onde os pesquisadores faziam a apresentação do projeto de pesquisa, com enfoque principal nos objetivos e justificativa. Além do questionário, os entrevistadores recebiam uma folha contendo os critérios de exclusão e para facilitar a aplicação desses critérios, uma listagem com os tipos de ocupação que poderiam levar à exposição aos metais em estudo, além da relação de municípios integrantes do sítio de estudo.

Foram utilizados como instrumentos: entrevistas semi-estruturadas, questionários estruturados e observação participante com triangulação de métodos. Esta abordagem consistiu num processo sistemático de obtenção de dados observáveis e quantificáveis, de tal forma que ficassem denotados um perfil geral das análises. Assim o estudo quantitativo pode gerar questões para serem aprofundadas qualitativamente, e vice-versa¹².

Após o recebimento das respostas dos questionários/entrevistas foi construído um banco de dados e realizada a análise. O conteúdo dos questionários foi definido com base na literatura relativa à exposição ambiental a metais pesados.

Os sujeitos da pesquisa responderam ao questionário, contendo as seguintes informações: escolaridade, renda, possíveis exposições ambientais, hábitos pessoais: (alimentação, origem da água de beber, entre outras), para identificar fatores suspeitos de ter relação com os níveis séricos de metais, e que auxiliariam na interpretação dos resultados.

Crítérios de inclusão

Foi considerado caso quando obedecia aos seguintes critérios de inclusão: (a) idade 18 a 65 anos e (b) morador nas áreas pesquisadas há mais de 5 anos.

Tratamento e análise dos dados

A validação do instrumento¹²⁻¹³ se deu nas seguintes etapas: (a) validade de face: em que se verificou se as questões do instrumento apresentavam forma e vocabulário adequados ao propósito da mensuração; (b) validade de conteúdo: em que se verificou se os itens do questionário representavam o conteúdo que se desejava avaliar; e (c) validade de traço ou construto, que verifica a ligação entre a teoria e as medidas utilizadas no instrumento.

A análise estatística consistiu inicialmente em uma exploração univariada, com o propósito de se verificar as distribuições de cada uma das variáveis mensuradas seguindo-se pela análise descritiva. Foi realizada com o software Origin 7.5 (OriginLab Corporation). Para caracterizar a os níveis séricos de Cd na população estudada foram realizadas as frequências absoluta (n) e relativa (%), com os respectivos intervalos de confiança, nos diferentes estratos da amostra. Os resultados serão apresentados sob a forma de tabelas.

Caracterização do sítio de estudo – municípios da Baía de Sepetiba

Os municípios que compõem a Baía de Sepetiba são: Itaguaí, Seropédica, Japeri, Queimados, Paracambi, Engenheiro Paulo de Frontin, Mangaratiba, Miguel Pereira, Nova Iguaçu, Piraí, Rio Claro e Vassouras.

Para o presente estudo foi identificado com base nos dados da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN), empresas potencialmente poluidoras ocupantes de toda área num total de 261. Sendo assim, selecionaram-se somente aquelas representativas do setor metalúrgico (16) e químico (40), totalizando 56 indústrias. Cabe ressaltar que estes estabelecimentos estão localizados nos municípios de Mangaratiba, Piraí, Itaguaí e na zona industrial de Santa Cruz (Sepetiba e Guaratiba).

Aspectos éticos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, sob o nº CAAE: 0155.0.031.000-10. Todos os sujeitos receberam informações sobre a pesquisa, tendo assinado o formulário do consentimento informado antes de participar e assegurados o anonimato e a confidencialidade.

Resultados

No Quadro 1 são apresentados dados referentes a características sociodemográficas da população participante da pesquisa, os quais se apresentam setorizados e agrupados nos locais de coleta de sangue. Assim, os setores de coleta de sangue e doadores foram: Nova Iguaçu – banco de sangue A (65 participantes), Queimados – Banco de sangue B (35 participantes), Itaguaí – Banco de sangue C (33 participantes) e Santa Cruz – Banco de sangue D (31 participantes), totalizando 164 participan-

tes, dentre os quais 68 do sexo masculino e 40 do sexo feminino, da faixa etária 18-39 anos; e 22 do sexo masculino e 34 do sexo feminino, da faixa etária 40-65 anos.

Na Tabela 1 está representada a concentração dos elementos analisados ($\mu\text{g/l}$) encontrados no sangue, por sexo e faixa etária.

No Quadro 3 são apresentados dados de saúde/doença advindos dos questionários aplicados, por sexo e faixa etária.

Quadro 2. Características sociodemográficas da população entrevistada

Dados da população		Municípios de localização dos bancos de sangue				Total	
		Nova Iguaçu	Queimados	Itaguaí	Santa Cruz		
Faixa etária	18-39	Masculino	25	15	16	12	68
		Feminino	17	7	8	8	40
	40-65	Masculino	10	4	3	5	22
		Feminino	13	9	6	6	34
Escolaridade	Sem instrução	3	5	1	1	10	
	Fundamental incompleto	20	16	19	14	69	
	Fundamental completo	16	4	7	7	34	
	Médio incompleto	9	5	3	4	21	
	Médio completo	8	4	1	3	16	
	Superior incompleto	4	1	2	1	8	
Superior completo	5	–	–	1	6		
Renda familiar	Até 1 salário mínimo	36	30	13	22	101	
	De 1 a 5 salários mínimos	29	5	17	8	59	
	Acima de 6 salários mínimos	2	–	3	1	6	
Água de beber	Poço	14	23	16	18	61	
	Mineral	15	4	4	2	25	
	Rede de distribuição pública	36	8	13	11	68	
Esgoto	Fossa séptica	32	26	19	23	100	
	Rede coletora pública	33	9	14	8	64	

Discussão

A poluição ambiental e seus potenciais efeitos sobre os ecossistemas se deparam com significantes desafios à saúde pública. Os metais se encontram entre os principais poluentes ambientais, cuja relevância se baseia em características peculiares tais como persistência no ambiente, alto potencial tóxico e propriedade de bioacumulação^{1,3,14}. Considerando que a exposição ambiental da população é proveniente em forma expressiva de descargas de contaminantes emitidas por indústrias, os resultados obtidos no presente estudo refletem esse comportamento.

Para todas as manifestações de toxicidade induzida por xenobióticos, uma série ou cascata de eventos devem ocorrer entre a exposição ambiental e a observação de doença clínica. Embora esse conceito seja mais claro no campo da carcinogênese, aplica-se igualmente a casos em que não se expressem em câncer como neurotoxicidade e imunotoxicidade¹⁴. Ao longo do tempo os métodos clássicos toxicológicos não foram suficientemente sensíveis para identificar e caracterizar esses eventos intermediários e, ao invés disso, estavam sendo considerados parte da caixa preta que liga a exposição à doença.

As concentrações de Pb no sangue variam consideravelmente com a idade, estado fisiológico e outros fatores

que afetam a exposição ao chumbo. Encontram-se abaixo do VR, com variações de 2,21 $\mu\text{g/l}$ (0,1-6,45) na faixa etária de 18-39 anos e de 1,55 $\mu\text{g/l}$ (0,11-2,88) na faixa etária de 40-65 anos para o sexo masculino, e de 1,15 $\mu\text{g/l}$ (0,03-2,78) na faixa etária de 18-39 anos e de 0,56 $\mu\text{g/l}$ (0,04-2,45) na faixa etária de 40-65 para o sexo feminino.

Considera-se como VR para Pb uma concentração do metal no sangue de até 4 $\mu\text{g/l}$ (Norma Reguladora nº 7, Portaria nº 24, de 29 de dezembro de 1994 da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho)¹⁵. O VR para Pb em sangue obtidos em Londrina, Paraná¹⁶, variaram entre 0,12 a 1,37 $\mu\text{g/l}$, com mediana de 0,57 $\mu\text{g/l}$.

A exposição ambiental ao Pb e sua introdução no organismo, até mesmo em baixos níveis, constitui um grave problema de saúde pública, devido a ausência de uma concentração do metal que seja inofensiva²⁵ e em razão de sua habilidade em se acumular no corpo humano por longo período de tempo¹⁸. As dosagens de chumbo no sangue têm sido definidas recentemente como o melhor teste para detecção à exposição ao chumbo. Armazena-se nos ossos e é libertado ao longo do tempo, especialmente durante a gravidez, amamentação e pós-menopausa. Sendo que os seus efeitos se notam a nível cardiovascular, renal, imuno e reprodutivo, tal como nos

Tabela 1. Concentração dos metais analisados (µg/l) encontrados no sangue, por sexo e faixa etária

Metais / faixa etária /sexo	Média geométrica	Desvio padrão	Erro padrão	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 95	Limite inferior	Limite superior	Variância
Pb 18-39 anos Homem	2,21	1,5026	0,18357	1,3	3,34	5,23	0,1	6,45	2,25781
Pb 40-65 anos Homem	1,55	0,709	0,15116	1,03	1,99	2,67	0,11	2,88	0,50268
Pb 18-39 anos Mulher	1,15	0,84783	0,13405	0,45	1,99	2,67	0,03	2,78	0,71881
Pb 40-65 anos Mulher	0,56	0,48964	0,08397	0,22	0,78	1,55	0,04	2,45	0,23975
Hg 18-39 anos Homem	9,29	4,75754	0,58123	4,57	12,37	16,72	1,2	23,65	22,63422
Hg 40-65 anos Homem	5,40	3,29118	0,40208	2,95	7,33	11,31	1,21	16,62	10,83184
Hg 18-39 anos Mulher	3,47	2,58506	0,31582	1,51	4,5	8,91	0,12	11,81	6,68253
Hg 40-65 anos Mulher	1,56	1,08422	0,13246	0,97	2,22	4,09	0,11	4,7	1,17553
Cd 18-39 anos Homem	0,17	0,19883	0,02429	0,07	0,22	0,56	0,02	1,03	0,03953
Cd 40-65 anos Homem	0,11	0,10236	0,02182	0,07	0,11	0,26	0,05	0,51	0,01048
Cd 18-39 anos Mulher	0,06	0,04481	0,00709	0,02	0,08	0,13	0,01	0,22	0,00201
Cd 40-65 anos Mulher	0,04	0,02461	0,00422	0,02	0,05	0,09	0,01	0,09	6,05704E-4
Cu 18-39 anos Homem	5,42	3,37858	0,41276	2,77	7,77	11,9	1,23	15,31	11,41478
Cu 40-65 anos Homem	7,62	4,54788	0,96961	3,14	11,03	13,56	2,22	17,89	20,68321
Cu 18-39 anos Mulher	4,37	2,06837	0,32704	2,77	4,71	8,67	2,28	9,23	4,27814
Cu 40-65 anos Mulher	2,13	1,46033	0,25044	1,31	2,33	6,1	1,01	8,33	2,13257
Zn 18-39 anos Homem	5,37	3,28525	0,40136	2,53	7,66	11,25	0,83	16,17	10,79288
Zn 40-65 anos Homem	4,99	2,77586	0,59181	3,33	4,92	9,98	2,43	14,31	7,70538
Zn 18-39 anos Mulher	4,41	3,33423	0,52719	1,78	6,74	11,11	1,19	13,23	11,11708
Zn 40-65 anos Mulher	4,79	2,60572	0,44688	2,66	6,48	9,43	1,55	12,34	6,78978
Al 18-39 anos Homem	0,11	0,13956	0,01705	0,04	0,12	0,23	0,01	0,89	0,01948
Al 40-65 anos Homem	0,07	0,05342	0,01139	0,03	0,11	0,16	0,01	0,23	0,00285
Al 18-39 anos Mulher	0,06	0,04538	0,00718	0,02	0,08	0,13	0,01	0,22	0,00206
Al 40-65 anos Mulher	0,07	0,03724	0,00639	0,06	0,09	0,13	0,01	0,18	0,00139
As 18-39 anos Homem	5,12	8,21852	1,00405	2,01	6,02	9,03	1	65,22	67,54403
As 40-65 anos Homem	6,02	5,57207	1,18797	2,01	9,03	14,04	1	22,07	31,04792
As 18-39 anos Mulher	3,36	2,79228	0,4415	2,01	3,01	8,04	1	13,06	7,79681
As 40-65 anos Mulher	2,92	2,16329	0,371	1	3,09	7,2	0,4	9,01	4,67983

Quadro 3. Dados de saúde/doença evidenciados nas entrevistas, por sexo e faixa etária

Problemas de saúde identificados nas entrevistas						
Faixa etária	Sexo	Alzheimer	Câncer	Lesão hepática	Problemas cardiorrespiratórios	Lesão renal
18-39 anos	Masculino n=68	2	3	5	16	3
	Feminino n=40	0	7	2	11	3
40-65 anos	Masculino n=22	7	5	8	18	6
	Feminino n=34	11	9	4	21	2

ossos e dentes¹⁹⁻²⁰. Foi também identificado como possível agente cancerígeno, sendo que o sistema nervoso é muito sensível a este metal.

Conforme a Tabela 1, as concentrações médias de Hg encontram-se acima do VR (4 µg/l) 30 para o sexo masculino na faixa de 18-39 anos com 9,29 µg/l (1,2-23,65) e de 5,40 µg/l (1,21-16,62) na faixa de 40 a 65 anos. As concentrações médias foram para o sexo feminino: 3,47 µg/l (0,12-11,81) na faixa de 18-39 anos e de 1,56 µg/l (0,11-4,70) na faixa de 40 a 65 anos. Da mesma forma, as concentrações de Cd encontram-se acima do VR (0,05 µg/l) na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino com

0,17 µg/l (0,02-1,03) e de 0,11 µg/l (0,05-0,51) na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi também acima do VR com 0,06 µg/l (0,01-0,22) e de 0,04 µg/l (0,01-0,09) na faixa de 40-65 anos.

As intercorrências apresentadas quanto ao alto teor de Hg e Cd corroboram os dados da Quadro 3, onde foram explicitados os problemas de saúde identificados nos participantes da pesquisa. Com relação ao Hg sua presença debilita as funções cerebrais, incorrendo em Alzheimer²². A principal via de absorção do Hg metálico e inorgânico é a inalação do vapor, com penetração de

75% da dose inalada através da membrana alvéolo-capilar. Já o Hg iônico é transportado pelo plasma enquanto o Hg elementar é transportado pelas hemácias onde é oxidado a íon mercúrico. O mesmo acontece nos outros tecidos, por via catalítica reversível, fixando-se depois às proteínas²³. O Hg não oxidado é capaz de penetrar através das barreiras hematoencefálica e placentária. A acumulação ocorre no cérebro quando originado de exposição a vapores de Hg metálico e organomercuriais. A acumulação ocorre nos rins com cerca de 50% a 90% da carga corpórea para exposição a sais inorgânicos²².

Com relação ao Cd, sua presença incorre em inflamação nos pulmões, problemas no fígado e nos rins. Ademais, são reconhecidos pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* e *International Agency for Research on Cancer (IARC)* como carcinógenos humano²⁴.

O Cd é um dos metais com maior potencial de causar impacto ao ambiente e saúde humana. Este metal ganha importância por sua utilização em vários ramos produtivos, repercutindo na sua capacidade de contaminação do meio ambiente e por seus efeitos na saúde²⁵. É um veneno cumulativo que pode danificar os rins após exposição prolongada na indústria ou para o ambiente. Lesão renal induzida por Cd afeta principalmente a integridade celular e funcional dos túbulos proximal, o site principal da acumulação renal do metal. Isso resulta em uma variedade de distúrbios urinários, incluindo um aumento da excreção de cálcio, aminoácidos, enzimas e proteínas. Estes efeitos foram documentados por um grande número de estudos realizados durante mais de duas décadas em animais usados em experimentos e em populações, ambiental ou ocupacional expostas a Cd. A disfunção tubular desenvolve de uma maneira dose-dependente de acordo com a dose interna de Cd²⁵.

Existe normalmente uma ampla diferença entre níveis deficientes e níveis tóxicos de Cu. O Cu está presente em várias enzimas: como parte da citocromo-oxidase, enzima oxidase terminal na cadeia respiratória, que catalisa a redução de O₂ para água, passo essencial na respiração celular; lisil oxidase que catalisa a formação do colágeno e elastina; transporte de ferro necessário para a síntese de hemoglobina; superóxido dismutase que protege as células dos efeitos tóxicos no metabolismo do oxigênio. Por estar envolvida no mecanismo de oxidação, sua deficiência leva a transtornos no metabolismo oxidativo, podendo manifestar-se de múltiplas formas. Por outro lado elevados níveis intracelulares de Cu podem ser tóxicos, incluindo alterações no mecanismo intracelular de proteínas²⁶.

Adotou-se VR para Cu no sexo masculino de 7-14 µg/l e para o sexo feminino de 8-15,5 µg/l²⁷. As concentrações de Cu apresentaram-se normais e em alguns casos abaixo da faixa. A concentração média apresentada na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino foi de 5,42 µg/l e de 7,62 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi de 4,37 µg/l e de 2,13 µg/l na faixa de 40-65 anos.

O Zn é um metal essencial necessário para o funcionamento e estrutura de muitas enzimas, que participam numa variedade de processos metabólicos celulares. Foi

considerado um elemento não tóxico, mas como todos os metais pesados, uma exposição excessiva pode causar efeitos tóxicos. Adotou-se VR para Zn no sexo masculino de 6,5-12 µg/l e para o sexo feminino de 6-12 µg/l²⁸. As concentrações de Zn apresentaram-se normais e em alguns casos abaixo da faixa. A concentração média apresentada na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino foi de 5,37 µg/l e de 4,99 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi de 4,41 µg/l e de 4,79 µg/l na faixa de 40-65 anos.

O VR para Al é de até 7 µg/l²⁹. As concentrações de Al apresentaram-se normais. A concentração média apresentada na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino foi de 0,11 µg/l e de 0,07 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi de 0,06 µg/l e de 0,07 µg/l na faixa de 40-65 anos.

O VR para As é de até 5,1 µg/l³⁰. As concentrações de As apresentaram-se normais. A concentração média apresentada na faixa etária 18-39 anos do sexo masculino foi de 5,12 µg/l e de 6,02 µg/l na faixa etária de 40-65 anos. Na faixa etária de 18-39 anos do sexo feminino a concentração foi de 3,36 µg/l e de 2,92 µg/l na faixa de 40-65 anos. Os níveis de As encontrados em amostras de sangue da comunidade permitem a interpretação de que existe exposição, sem indício de intoxicação. As médias encontradas coincidem com médias de normalidade referida na literatura, em populações não expostas.

Conclusão

Pela análise individual dos metais pesados aqui apresentados pode-se constatar que Hg e Cd estão em níveis elevados e não são conhecidos em funções biológicas. Níveis elevados destes compostos apresentam um grau de intoxicação que aumenta ao longo do tempo de exposição. Por outro lado, grandes concentrações destes metais são raras, sendo que a sua verdadeira ameaça é mesmo uma exposição crônica que leva ao aparecimento de problemas teratogênicos, cancerígenos, mutagênicos e em alguns casos leva diretamente à morte.

Quanto aos teores de Pb, Cu, Al, Zn e As, encontram-se em níveis compatíveis com a necessidade humana. Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns desses metais, a exceção de Pb e Al.

No Brasil ainda não se conhecem níveis de indicadores biológicos de exposição a metais e, como este estudo piloto ficou demonstrado o atendimento de sua proposta de detectar níveis de metais-traço, denotando níveis expressíveis na população-alvo, potencializando sintomas na saúde pela exposição ambiental.

Devido aos efeitos nefastos provocados pela exposição a metais e apesar da legislação já existente para a exposição a agentes tóxicos à saúde humana a nível ocupacional, emerge uma amplificação deste monitoramento, de forma abrangente, sobretudo na população localizada nas áreas de produção industrial, propiciando ter-se monitoramento e controle sistemático desta, os quais serão essenciais para uma melhor qualidade de vida e do ambiente.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (302946/2011-0) pelo suporte financeiro e aos profissionais dos bancos de sangue envolvidos na pesquisa.

Referências

1. Moreira FR, Moreira JC. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. *Quím Nova*. 2004;27(2):251-60.
2. Prista J, Uva JS. A utilização de indicadores biológicos em Saúde Ocupacional. *Rev Port Saúde Pública*. 2006;6:45-54.
3. Kuno R, Roquetti MH, Gouveia N. Concepts and determination of reference values for human biomonitoring of environmental contaminants. *Rev Panam Salud Publ*. 2010;27(1):74-9.
4. Kim Y, Lee BK. Associations of blood lead, cadmium, and mercury with estimated glomerular filtration rate in the Korean general population: analysis of 2008-2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey data. *Environ Res*. 2012;118:124-9.
5. Fann N, Baker KR, Fulcher CM. Characterizing the PM(2.5)-related health benefits of emission reductions for 17 industrial, area and mobile emission sectors across the U.S. *Environ Int*. 2012;49C:141-51.
6. Ferreira AP, Horta MAP, Cunha CLN. Assessment of heavy metal concentrations in sediment, water and organs of *Nycticorax nycticorax* (Black-crowned Night Heron) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *J Integrat Coastal Zone Manage*. 2010;10(2):81-93.
7. Narain S. Sanitation for all. *Nature*. 2012;486(7402):185.
8. Araújo JBS, Pinto Filho JLO. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró/RN, na área urbana de Mossoró-RN. *Rev Verde Agroecol Desenvolv Sustentável*. 2010;5(2):80-94.
9. Costa MRCO, Ribeiro CMA, Domingos MHR, Caetano XJE, Sarcinelli PN, Carvalho LBV *et al*. Avaliação dos fatores de risco relacionados à exposição ao chumbo em crianças e adolescentes do Rio de Janeiro. *Ciênc Saúde Coletiva* 2009;14(6):2039-48.
10. Montaser A, editor. *Inductively coupled plasma mass spectrometry*. [S.L.]: Wiley-VCH; 1998.
11. Giné MF. *Espectrometria de massas com fonte de plasma (ICP-MS)*. Piracicaba: Programa de Pós-Graduação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo; 1999 (Série Didática, 4).
12. Minayo MCS. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 6.ed. Petrópolis: Vozes; 1996.
13. Fortin MF. *O processo de investigação – da concepção à realização*. Loures: Lusociência-Edições Técnicas e Científicas; 1999.
14. Lieber RR, Romano-Lieber NS. Risco, incerteza e as possibilidades de ação na saúde ambiental. *Rev Bras Epidemiol*. 2003;6(2):121-34.
15. Toxikon. Norma Reguladora nº 7. Portaria nº 24, de 29 de dezembro de 1994. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. [acesso 13 set 2011]. Disponível em: <http://www.toxikon.com.br/q1nr7.html#INICIO>
16. Paoliello MMB, Gutierrez PR, Turini CA. Valores de referência para plumbemia em uma população urbana do Sul do Brasil. *Rev Panam Salud Pública* 2001;9(5):315-9.
17. Tong S, Schimding YE, Prapamontol T. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bull World Health Organ*. 2000;78(9):1068-77.
18. Li Ping-Jian, Sheng Ye-Zhou, Wang Qian-Ying, Gu Li-Ya, Wang Yi-Lan. Transfer of lead via placenta and breast milk in human. *Biomed Environ Sci*. 2000; 13(2): 85-9.
19. World Health Organization. WHO/ICPS. World Health Organization/International Programme on Chemical Safety Inorganic Lead Environmental Health Criteria 165. Geneva; 1995. [acesso 8 dez 2011]. Disponível em: www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v35je01.htm
20. White LD, Cory-Slechta DA, Gilbert ME, Tiffany-Castiglioni E, Zawia NH, Virgolini M *et al*. New and evolving concepts in the neurotoxicology of lead. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2007;225(1): 1-27.
21. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (ATSDR) Toxicological profile for lead. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Atlanta (GA); 2007 [acesso 18 fev 2012]. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.html>
22. Zou F, Chai HS, Younkin CS, Allen M, Crook J, Pankratz VS *et al*. Brain expression genome-wide association study (eGWAS) identifies human disease-associated variants. *PLoS Genet*. 2012; 8(6):e1002707.
23. Minoia C, Sabbioni E, Apostoli P. Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Community. A study of 46 elements in urine, blood and serum of healthy Italian subjects. *Sci Total Environ*. 1990;95:89-105.
24. International Agency for Research on Cancer (IARC). Review of human carcinogens. [Lyon]: IARC; 2012.
25. Bernard A. Renal dysfunction induced by cadmium: biomarkers of critical effects. *Biometals*. 2004;17(5):519-23.
26. Hudnik MV. The determination of trace metals in human fluids and tissues: Part 1. Estimation of "Normal Values" for Copper, Zinc, Cadmium and Manganese in Blood Serum and Liver Tissue. *Anal Chim Acta*. 1984;157:143-50.
27. Karita K, Shinozaki T, Yano E, Amari N. Blood lead levels in copper smelter workers in Japan. *Ind Health*. 2000;38:57-61.
28. Gaetke LM, Chow CK. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology*. 2003;189:147-63.
29. Liao YH, Yu HS, Ho CK, Wu MT, Yang CY, Chen JR *et al*. Biological monitoring of exposures to aluminium, gallium, indium, arsenic, and antimony in optoelectronic industry workers. *Occup Environ Med*. 2004;46(9):931-6.
30. Apostoli P, Bartoli D, Alessio L, Buchet JP. Biological monitoring of occupational exposure to inorganic arsenic. *Occup Environ Med*. 1999;56(12):825-32.

Endereço para correspondência:

Aldo Pacheco Ferreira
Rua Leopoldo Bulhões, 1480 – Manguinhos
Rio de Janeiro-RJ, CEP 21041-210
Brasil

E-mail: aldopachecoferreira@gmail.com

Recebido em 15 agosto de 2012
Aceito em 30 de outubro de 2012