

Uma análise sobre a biomonitorização humana e os resíduos de metais

Analysis of studies on human bio-monitoring and metal waste

Poliana Luri Kayama Yabuuti ⁽¹⁾ | Elaine Cristina Mathias da Silva Zacarin ⁽²⁾ | Elisabete Alves da Silva ⁽³⁾
Janaina Braga do Carmo ⁽⁴⁾ | Monica Jones Costa ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Mestranda em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Campus Sorocaba. Graduada e pós-graduada em Enfermagem pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110, Bairro do Itinga, CEP 18052-780, Sorocaba-SP; (15) 3229-6000; e-mail: poli_luri@yahoo.com.br

⁽²⁾ Doutora em Ciências Biológicas pela UNESP. Docente do Departamento de Biologia da UFSCar Campus Sorocaba.

⁽³⁾ Doutora em Química Analítica pela Universidade de São Paulo. Docente da UFSCar Campus Sorocaba.

⁽⁴⁾ Doutora em Agronomia pela Universidade de São Paulo. Docente da UFSCar Campus Sorocaba.

⁽⁵⁾ Doutora em Ciências Fisiológicas pela UFSCar. Docente do Departamento de Biologia da UFSCar Campus Sorocaba.

Recebido em: 10 set. 2014 ▪ Aceito em: 30 set. 2014 ▪ Publicado em: 01 mai. 2015.

Resumo. Das questões ambientais, muito se discute a respeito do potencial contaminante e dos efeitos nocivos dos resíduos sólidos sobre o ecossistema, sobretudo os resíduos perigosos como os metais, cujos impactos podem ser evidenciados através do monitoramento ambiental e das populações expostas. O presente estudo tem por objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a biomonitorização humana e o potencial tóxico dos metais. O mercúrio difere-se de outros componentes químicos por apresentar elevada persistência e alto fator de bioacumulação mesmo em reduzidas concentrações, de modo que os riscos e agravos à saúde estão diretamente relacionados à exposição ocupacional e à intoxicação ambiental pelo consumo de alimentos contaminados com metil-mercúrio. Os efeitos do mercúrio dependem de sua concentração, tempo de exposição, forma química, assim como da vulnerabilidade e susceptibilidade de cada organismo, resultando em manifestações isoladas ou sistêmicas que podem variar desde alterações nos sistemas neurológico, cardiovascular, renal e imunológico até efeitos teratogênicos e carcinogênicos. Contudo, pouco se conhece a respeito do mecanismo de ação dos metais nos diferentes organismos, o que acaba gerando dúvidas e controversas a cerca das medidas adotadas para avaliar seus efeitos sobre a saúde de populações de risco, ao passo que a biomonitorização humana representa uma ferramenta promissora para investigar o potencial deletério dos xenobióticos no homem. **Palavras-chave:** Resí-

duos sólidos; metais; biomonitorização humana; biomarcadores.

Abstract. On environmental issues, there is much discussion about the potential contaminants and adverse effects of solid waste on the ecosystem, mainly the hazardous waste like metals, whose impacts can be evidenced through the environmental monitoring of exposed populations. The study aims to conduct a survey of the literature about the human bio-monitoring and potential toxic metals. The Hg differs from other chemical components by presenting high persistence and high bioaccumulation factor even in low concentrations, so the risks and health problems are related to occupational exposure and environmental poisoning crossing through the consumption of foods contaminated with methyl-mercury. The mercury's effects depend on the concentration, exposure time, chemical form, as well as the vulnerability and susceptibility of each organism, resulting in isolated or systemic manifestations that can range from changes in the nervous, cardiovascular, renal and immune until teratogenic effects and carcinogenic. However, unknown is the mechanism of action from different metals in the body, which creates doubt and controversy about the measures adopted to evaluate the effects on the health of populations at risk, so the human bio-monitoring is a promising tool to investigate the potential deleterious effect of xenobiotics to humans. **Keywords:** Waste; metals; human bio-monitoring; biomarkers.

1 INTRODUÇÃO

Dos principais acontecimentos que marcaram e mudaram a história da civilização, o desenvolvimento tecnológico trouxe novos rumos para a humanidade, sobretudo a partir da Revolução Industrial, quando as indústrias impulsionaram economia mundial, cujo progresso gerou profundas repercussões sobre o homem e a natureza. Neste contexto, o crescimento populacional e o intenso processo de urbanização, atrelados às fragilidades da política ambiental em vigor, foram aspectos fundamentais para o aumento da demanda de poluentes, que por sua vez contribuem efetivamente para a degradação do meio ambiente (LACERDA, MALM, 2008).

A problemática dos resíduos envolve as excessivas cargas e diversidades, tempo de exposição dos poluentes e em locais inapropriados, leva ao comprometimento da qualidade do ecossistema, cujos sinais de expressivo impacto ambiental alertam a sociedade sobre a necessidade de medidas efetivas que visem a preservação dos recursos naturais e a promoção da vida.

Por definição, os resíduos sólidos, genericamente denominados como lixo, são produtos inutilizados e descartados provenientes de atividades humanas, usualmente classificados em função dos riscos potenciais à saúde e ao meio ambiente, bem como de sua natureza e origem (BRASIL, 2006). A classificação é feita com base nos riscos potenciais à saúde e ao meio ambiente foi estabelecida desde 2004, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da NBR 10.004, sendo organizada da seguinte forma: Classe I – Perigosos: aqueles que apresentem propriedades físicas, químicas ou biológicas que seguem uma ou mais propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade; e, Classe II, que se subdivide em Classe II A (cujas propriedades são biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água) e Classe II B (que não apresenta constituintes com concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água) (BRASIL, 2006).

Simião (2011) reforça que o gerenciamento ideal dos resíduos deve basear-se em medidas de prevenção para reduzir o volume de geração, passando para os procedimentos de reciclagem e tratamento, e por último, a disposição final e remediação. Contudo, as fragilidades das políticas ambientais brasileiras atreladas à necessidade de conscientização pela sociedade tornam-se verdadeiras barreiras que dificultam o cumprimento de modelos ideais como citado anteriormente, de modo que são priorizadas as etapas de disposição final e remediação.

Tal fato está diretamente relacionado aos elevados custos investidos no manejo adequado dos resíduos sólidos, que envolvem desde a contratação e/ou capacitação dos recursos humanos, passando pela aquisição e manutenção de recursos físicos e materiais, além de ações de educação e conscientização à sociedade (DEMAJOROVIC *et al.*, 1998).

Vale ressaltar que no Brasil, somente em 2010, é que foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), conforme a Lei nº 12.305/10, que veio a representar um avanço com relação ao enfrentamento de problemas sociais, econômicos e ambientais no Brasil, cujos objetivos são de prevenir e reduzir a geração de resíduos, incentivar práticas para sua reciclagem e reutilização, além de estabelecer a destinação adequada dos rejeitos. A nova proposta desta política consisti em promover a conscientização de que a responsabilidade é de todos sobre os resíduos produzidos, passando esta a ser um compromisso e dever de cada cidadão (MINISTÉRIO DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE, 2012).

Entretanto, uma parcela significativa dos resíduos gerados não está sendo regularmente coletada e destinada em ambientes adequados, sendo usualmente depositada em locais públicos, terrenos baldios, encostas, cursos d'água e áreas ambientalmente protegidas. As estimativas apontam que 80% dos municípios dispõem seus resíduos inadvertidamente nestes locais, que usualmente encontram-se ocupados por catadores, uma população de risco formada por mulheres e crianças em sua maioria, que disputam por espaço a serviço de sua sobrevivência (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001).

Os metais estão presentes na natureza como componentes de rochas, mas a intervenção do homem contribuiu significativamente para o aumento destes compostos no meio ambiente. Eles se diferem de outros componentes químicos por serem bioacumulativos e não biodegradáveis, e sua toxicidade depende da quantidade, diversidade, composição química e tempo de exposição (LIMA, MERÇON, 2011).

São classificados como elementos essenciais, incluindo sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio; elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes, que envolvem o cromo, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel; e metais potencialmente tóxicos como os elementos arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio (NAKANO, AVILA-CAMPOS, 2012). De acordo com a Resolução nº357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os padrões de qualidade das águas devem respeitar os limites toleráveis para cada componente, e estabelece os valores máximos permitidos de metais em águas de classe 1 e 2, sendo que para mercúrio total a concentração limítrofe é de 0,0002 mg.L⁻¹ (CONAMA, 2005).

Por conseguinte, o descarte inadvertido, mesmo em baixas concentrações e/ou acidentes com níveis elevados destes resíduos na natureza, comprometem não somente a qualidade dos recursos hídricos, assim como interfere no equilíbrio da biota aquática. Uma pesquisa realizada na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) identificou a presença de concentrações elevadas de alumínio, chumbo e estanho no sangue de peixes-boi devido à exposição destes animais a inseticidas aplicados em áreas agrícolas próximas ao seu habitat (ANZOLIN, 2012). Assim como Porto e Ethur (2009), ao analisarem a concentração de elementos-traço nas vísceras de peixes expostos à água da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, observaram elevadas concentrações de alumínio, cádmio, manganês e níquel, os quais estavam relacionados aos efluentes provenientes de regiões agrícolas.

Já a exposição humana ao metal, seja de caráter agudo, subcrônico ou crônico, pode resultar em manifestações isoladas ou sistêmicas, variando desde sintomatologias cutâneas, gastrointestinais, endócrinas, neurológicas à efeitos mutagênicos ou carcinogênicos (GOLDMAN, AUSIELLO, 2010). Uma vez que os efeitos podem ocorrer a curto, médio ou longo prazo, tal fato pode dificultar na identificação de diagnósticos relacionados à intoxicação por metais (NAKANO, AVILA-CAMPOS, 2012).

Por conseguinte, diversos estudos têm sido realizados para avaliar a dose, os efeitos e as respostas de organismos e ambientes em contato com os xenobióticos, sendo que além de processo de monitoramento ambiental, a biomonitorização humana (BH) passou a ser utilizada para avaliar as populações expostas ao contaminante no ambiente. No entanto, observa-se que poucos são as publicações voltadas a este segmento, e por esta razão, o presente trabalho propôs realizar um levantamento bibliográfico de artigos científicos relacionados à temática biomonitoramento de humanos expostos ao poluente metal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão bibliográfica envolvendo a temática biomonitorização humana de indivíduos e/ou populações expostas aos metais, por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Foram identificados 577 resumos de artigos científicos em outubro de 2013, utilizando-se os termos "human", "biomonitoring", "biomarker" e "metal" (CAPES, 2013). A escolha pela língua inglesa deu-se pela escassez de conteúdos informativos ao selecionar as línguas portuguesa e espanhola.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram considerados apenas os artigos como tipo de recurso, bem como todas as datas de publicação (antes de 1995 até após 2012), e excluídos os trabalhos envolvendo animais como bioindicadores. Deste modo, foram selecionados 101 artigos, sendo prevalentes os estudos envolvendo mais de dois elementos (46%), seguidos pelo mercúrio (11%), cádmio (9%), chumbo (8%), e entre outros metais como cromo, arsênio, germânio, selênio, urânio, lítio, antimônio, cobalto, manganês, alumínio, níquel, índio (Fig. 1).

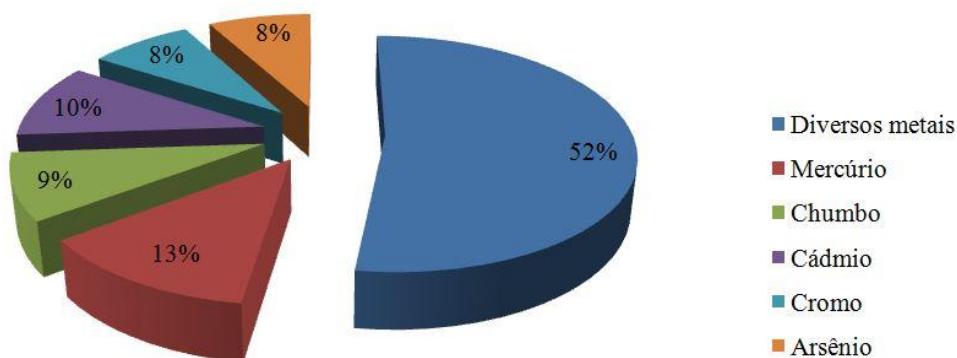


Figura 1. Percentual de estudos de BH, conforme o tipo de metal.

Os principais periódicos de divulgação foram: “Environmental Health Perspectives” (22%), “Science of the Total Environmental” (13%), “International Journal of Hygiene and Environmental Health” (6%), “Toxicology Letters” (6%) e “Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology” (5%).

A data de publicação variou de 1995 a 2013, sendo observado um progressivo crescimento ao longo dos anos, e sobretudo a partir de 2008 (Fig. 2 e Tab. 1, respectivamente).

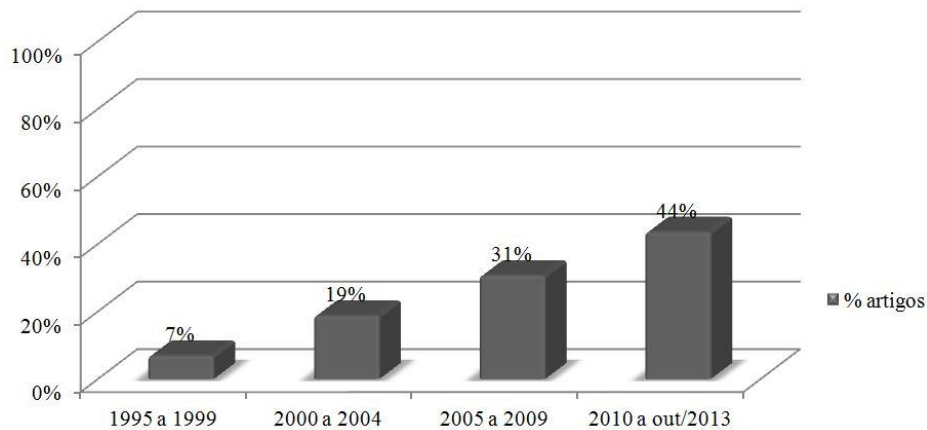


Figura 2. Evolução dos artigos científicos com a temática BH e metais, conforme datas de publicação (1995 a 2013).

Tabela 1. Número de artigos científicos sobre BH e metais, conforme ano de publicação (1995 a 2013).

Ano	n	Ano	n	Ano	n	Ano	n
1995	2	2000	1	2005	6	2010	9
1996	0	2001	4	2006	5	2011	14
1997	1	2002	3	2007	3	2012	14
1998	1	2003	5	2008	8	2013	8
1999	3	2004	6	2009	9		

A biomonitorização humana (BH) tem sido adotada com o intuito de mensurar as concentrações de determinadas substâncias químicas presentes no ambiente ou seus metabólitos em populações expostas, através de biomarcadores de exposição, efeito ou de susceptibilidade. Anteriormente, a BH era utilizada exclusivamente nas indústrias como medida estratégica de vigilância médica de trabalhadores, e no contexto atual, tem sido um recurso utilizado para indicar exposição passada ou recente, bem como avaliar a evolução de eventos e comportamentos em indivíduos ou populações em contato com contaminantes no meio ambiente (KUNO, 2009).

Os biomarcadores de exposição ou dose interna determinam a distribuição do xenobiótico ou do seu produto de biotransformação em fluídos biológicos, como sangue, urina, ar exalado, uma vez que da quantidade total absorvida e metabolizada, somente uma parcela alcançará o tecido alvo. Para isso, é necessário conhecer o comportamento do agente químico no organismo para definir o momento ideal da coleta, pois enquanto que o benzeno no sangue reflete a exposição recente, metais como o mercúrio, após quelação, reflete a exposição dos últimos meses e o cádmio na urina a exposição dos últimos anos. Já os biomarcadores de efeito estabelecem a interação da substância químicas com os receptores biológicos, sendo usualmente utilizados para confirmar diagnósticos clínicos, assim como pa-

ra propósitos de prevenção ao medir alterações em estágios ainda reversíveis, sem apresentar danos ao organismo. Enquanto que os biomarcadores de suscetibilidade apontam que os organismos expostos a doses similares de um determinado agente químico podem responder de diferentes maneiras devido variações na suscetibilidade biológica. Fatores como características genéticas, patologias e exposição a outros agentes ambientais podem alterar a suscetibilidade individual, seja aumentando ou diminuindo o risco de desenvolver respostas do organismo (AMORIM, 2003).

Em outras palavras, a análise de amostras biológicas tem como propósito avaliar a dose interna, os efeitos, a susceptibilidade individual e os riscos associados à exposição ao agente. Além disso, pode ser útil na determinação de diagnósticos clínicos, sendo neste último, para confirmar os casos de intoxicação aguda ou crônica e avaliar a efetividade do tratamento e estabelecer prognósticos. Pois, analisar a exposição humana a compostos químicos constitui um aspecto fundamental para o processo de vigilância e controle em saúde pública, com a finalidade de prevenir ou minimizar a incidência de morbidades e mortalidades relacionadas da interação destes nos organismos.

Uma vez que o mercúrio, analisado de maneira isolada, foi de maior prevalência nos estudos de BH (Fig. 2), buscou-se aprofundar as discussões em relação às causas e aos efeitos sobre a saúde humana, na tentativa de esclarecer alguns questionamentos acerca dos marcadores biológicos.

O Hg pode ser liberado no meio ambiente por processos naturais (erosão, atividade vulcânica e mineração), e por atividades antropogênicas (indústria e mineração), e seu comportamento nos diferentes ecossistemas depende de suas várias formas físicas e químicas (CETESB, 2013). Pode ser encontrado na natureza em estado líquido na temperatura ambiente (prateado e brilhante), e facilmente volatilizado para a atmosfera (vapor incolor e inodoro), sendo também capaz de assumir diferentes formas químicas: mercúrio metálico ou elementar, mercúrio orgânico e mercúrio orgânico ligado a radicais de carbono. Na forma de mercúrio elementar, este permanece por longo tempo na atmosfera, permitindo seu transporte por longas distâncias. O vapor pode ser depositado ou convertido na forma solúvel, e deste modo precipitar na superfície terrestre na forma de chuva. Ainda, o mercúrio pode ser metilado com o auxílio de microrganismos presentes nos sedimentos da água, formando o metilmercúrio, na qual apresenta elevado potencial tóxico, capacidade de bioacumulação nos animais e biomagnificação na cadeia alimentar (BRASIL, 2013; CETESB, 2013).

A exposição ocupacional ocorre nas formas de mercúrio metálico e mercúrio inorgânico, sendo a atividade garimpeira a principal forma de contaminação no Brasil (80%), seguida pelas indústrias em 10% (lâmpadas elétricas, pilhas, cloro-soda e aparelhos de precisão) e com menos de 5% para as demais atividades econômicas (ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE, 1993; IBAMA, 2013). Além do mais, Holmes, James e Levy (2009) e Bose-O'reilly e colaboradores (2010) pontuam os riscos associados a emissão do Hg resultante da quebra de lâmpadas fluorescentes e da cremação de corpos (amalgamas dentárias).

Enquanto que a contaminação de caráter ambiental acontece principalmente pelo consumo de alimentos contaminados por metil-mercúrio (MeHg), cujos riscos à saúde dependem da quantidade, frequência, espécie de consumo, além de níveis de mercúrio e a quantidade de metil-mercúrio absorvido à longo prazo (IBAMA, 2013). Outras fontes de emissão de mercúrio elementar e inorgânicos são cosméticos (cremes, sabonetes), antissépticos, laxativos, diuréticos e vacinas, assim como o produto resultantes de algumas terapias tradicionais e práticas religiosas (santeria e espiritismo) (HOLMES *et al.*, 2009).

A toxicidade do mercúrio depende de sua concentração, tempo e via de exposição, vulnerabilidade do organismo e sua forma química. O mercúrio interage com as proteínas, ligando-se aos radicais sulfidrilas, que interfere nas funções enzimáticas do organismo (VASSALO *et al.*, 1996). Segundo Holmes e colaboradores (2009), o vapor de mercúrio (Hg₀) é rapidamente absorvido pelo trato respiratório (aproximadamente 50 a 80%), enquanto que apenas 0,01% através do trato gastrointestinal e da pele. Uma vez inalado, o metal permanece na corrente sanguínea e é amplamente distribuídos no organismo, sendo que os compostos inorgânicos são encontrados em níveis elevados nos rins, enquanto que os orgânicos, devido sua alta solubilidade em lipídios, são amplamente absorvidos no sistema gastrointestinal, e são facilmente movidos através de proteínas transportadoras para o tecido cerebral,

processo semelhantemente observado na barreira placentária. Enquanto que a eliminação do mercúrio ocorre através do cabelo, unha, suor, saliva, leite materno, ar exalado e principalmente pelas fezes e urina (HOLMES *et al.*, 2009).

Um aspecto relevante levantado pelos autores foi a realização de avaliações periódicas e minuciosas nos diversos contextos, como entrevistas levando em conta informações envolvendo idade, sexo, ocupação, cultura e hábitos de vida, tendo em vista garantir a efetividade da prática de BH concomitante às análises epidemiológicas e de monitoramento ambiental. Além do mais, foi enfatizado o uso habitual de urina, sangue e cabelo como biomarcadores para populações expostas, porém, os estudos apresentaram uma variedade de métodos analíticos, sendo, em sua maioria, pouco esclarecedores ao público leitor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gerenciamento de resíduos sólidos é um desafio para as autoridades, uma vez que os riscos associados ao manejo inadequado comprometem a qualidade da saúde pública e do meio ambiente. Os metais são elementos que fazem parte da composição biológica de todas as formas de vida, contudo, a intervenção humana contribuiu significativamente para o aumento destes no ambiente, constituindo uma verdadeira ameaça à qualidade da vida, uma vez que são de difícil remediação nos ambientes.

Os riscos e agravos à saúde relacionados à intoxicação por mercúrio dependem de sua concentração, tempo de exposição, forma química e da vulnerabilidade do organismo, ao passo que os efeitos à curto, médio ou longo prazo ainda são pouco conhecidos, dificultando na identificação de diagnósticos em populações não-alvo.

Não somente no âmbito ocupacional, mas a exposição ambiental decorrente do contato prolongado e em menores concentrações tem conduzido discussões a cerca da necessidade de medidas para investigar os efeitos deletérios dos poluentes sobre a saúde pública. Deste modo, a biomonitorização humana, concomitante ao monitoramento ambiental e aos estudos epidemiológicos, tem se tornado um segmento fundamental para auxiliar no planejamento de ações voltadas à preservação do ecossistema.

Embora a literatura disponha de um amplo acervo de trabalhos sobre o impacto dos metais sobre o ecossistema, pouco se conhece a respeito do mecanismo de ação destes no organismo humano. Sendo assim, os autores sugerem o desenvolvimento de estudos mais aprofundados que possam enfatizar o monitoramento ambiental (não ocupacional) de populações em geral, bem como estudos envolvendo métodos analíticos para diagnósticos nos diversos segmentos.

5 REFERÊNCIAS

AMORIM, L. E. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 6, n. 2, p. 158-170, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>; acesso em: 26 set. 2013.

ANZOLIN, D. G. Fundação grupo boticário de proteção à natureza. *Estudo identifica contaminantes em peixes-bois*, 2012. Disponível em: <<http://tinyurl.com/ow2nyn5>>; acesso em: 16 nov. 2012.

BRASIL. *Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: <<http://tinyurl.com/cp2qgf9>>; acesso em: 15 out. 2012.

_____. Ministério do Meio-Ambiente. Segurança Química. *Mercúrio*, 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/mercurio>>; acesso em: 14 jun. 2013.

_____. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento*

de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, DF, 18 Mar. 2005. Disponível em: <<http://tinyurl.com/p9jx4xh>>; acesso em: 11 out. 2013.

CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). *Portal de periódicos*, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>; acesso em: 01 out. 2013.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). *Ficha de Informação Toxicológica: Mercúrio e seus compostos*, 2013. Disponível em: <<http://tinyurl.com/p4v3ply>>; acesso em: 28 set. 2013.

DEMAJOROVIC, J; BESEN, G. R; RATHSAM, A. A. *Os desafios da gestão compartilhada de resíduos sólidos face à lógica do mercado*, 1998. Disponível em: <<http://tinyurl.com/mvfrdfj>>; acesso em: 22 out. 2012.

GOLDMAN, L.; AUSIELLO, D. *Cecil medicina – Tratado de medicina interna*. 23.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

HOLMES, P.; JAMES, K. A. F.; LEVY, L. S. Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health? *Science Of The Total Environment*, v. 408, n. 2, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19850321>>; acesso em: 02 out. 2013.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). *Mercúrio metálico*, 2013. Disponível em: <<http://tinyurl.com/n6uctnj>>; acesso em: 14 jul. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBM). *O cenário dos resíduos sólidos no Brasil*, 2001. Disponível em: <<http://w.ibamorg./publique/mdaboletim1a.pdf>>; acesso em: 02 out. 2013.

KUNO, R. *Valores de referência para chumbo, cádmio e mercúrio em população adulta da Região Metropolitana de São Paulo*. 2009. 185f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5137/tde-03062009-095040/pt-br.php>>; acesso em: 20 set. 2013.

LACERDA, L. D.; MALM, O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. *Estud. Av.*, v. 22, n. 63, p. 173-190, 2008. Disponível em: <<http://tinyurl.com/krvsx6u>>; acesso em: 28 set. 2013.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. *Química nova na escola*, v. 33, n. 4, nov. 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE. *Institucional – O Ministério*, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>; acesso em: 20 out. 2012.

NAKANO, V.; AVILA-CAMPOS, M. J. *Metais pesados: um perigo eminente*, 2012. Disponível em: <<http://tinyurl.com/l7ctcm7>>; acesso em: 16 nov. 2012.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE (Centro Panamericano de Ecologia Humana e Saúde). Série Vigilância 12. *Mercúrio em áreas de garimpo de ouro*, 1993. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/034112/034112-04.pdf>>; acesso em: 29 set. 2013.

PORTO, L. C. S.; ETHUR, E. M. Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência rural*, v. 39, n. 9, dez, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n9/a384cr1652.pdf>>; acesso em: 16 nov. 2012.

SIMIÃO, J. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais em uma Empresa de Usinagem sobre o enfoque da Produção mais Limpa*. 2011. 170f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://tinyurl.com/mvygkqq>>; acesso em: 12 jun 2013.

VASSALO, D. V. *et al.* Ações tóxicas agudas do mercúrio sobre o aparelho cardiovascular. *Arq Bras Cardiol*, v. 67, n. 1, 1996. Disponível em: <<http://tinyurl.com/mb82vnd>>; acesso em: 17 nov. 2012.

Como citar esta revisão de literatura

YABUUTI, P. L. K.; ZACARIN, E. C. M. da S.; SILVA, E. A. da; CARMO, J. B. do; COSTA, M. J. Uma análise sobre a biomonitorarização humana e os resíduos de metais. *Scientia Vitae*, v. 2, n. 8, ano 3, abr. 2015, p. 63-70. Disponível em: <http://www.revistaifpsr.com/v2n8ano3_2015.htm>; acesso em: __/__/__.