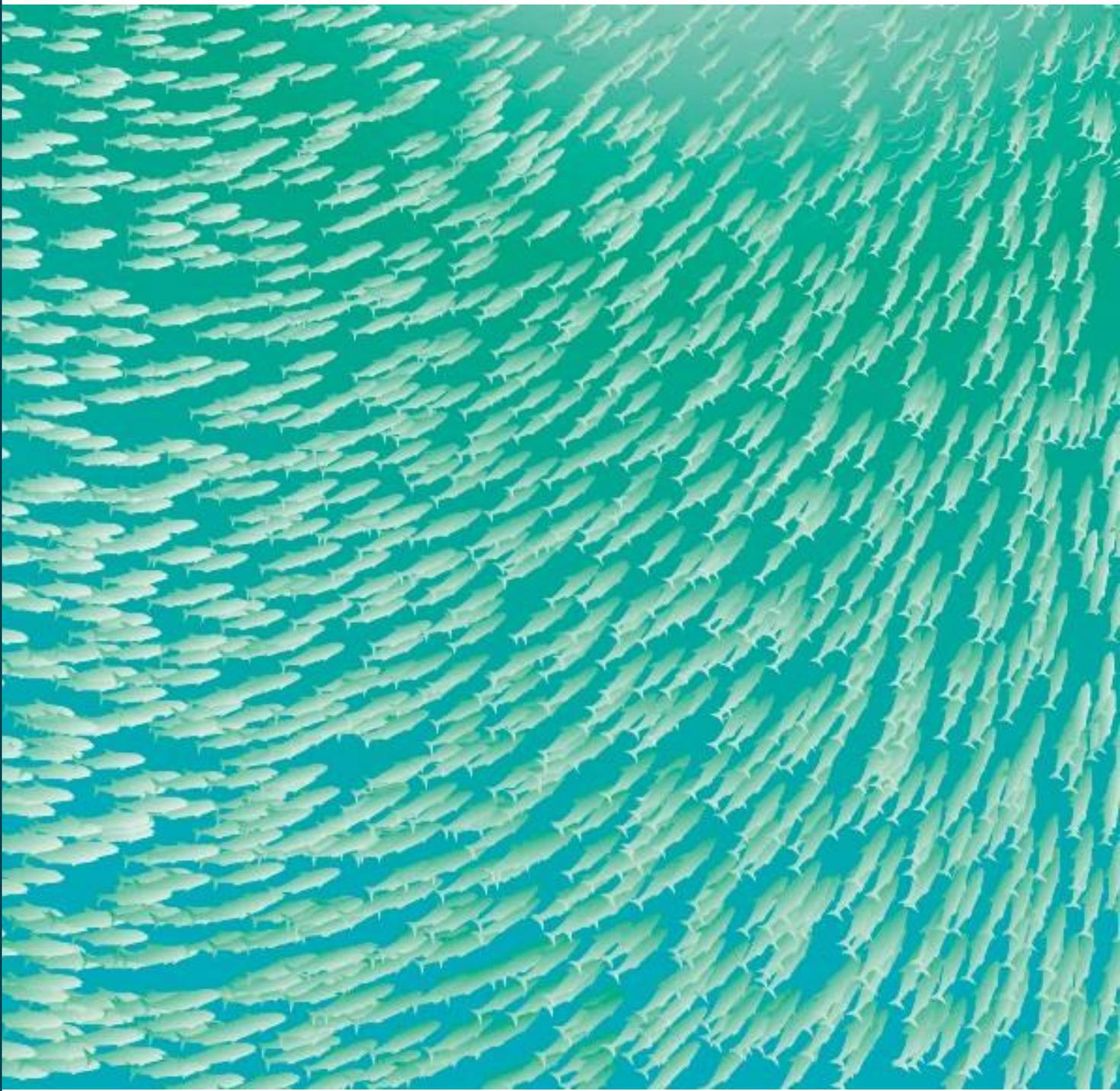


Avaliação da Capacidade Laboratorial Nacional para Mensuração de Mercúrio em Diferentes Matrizes

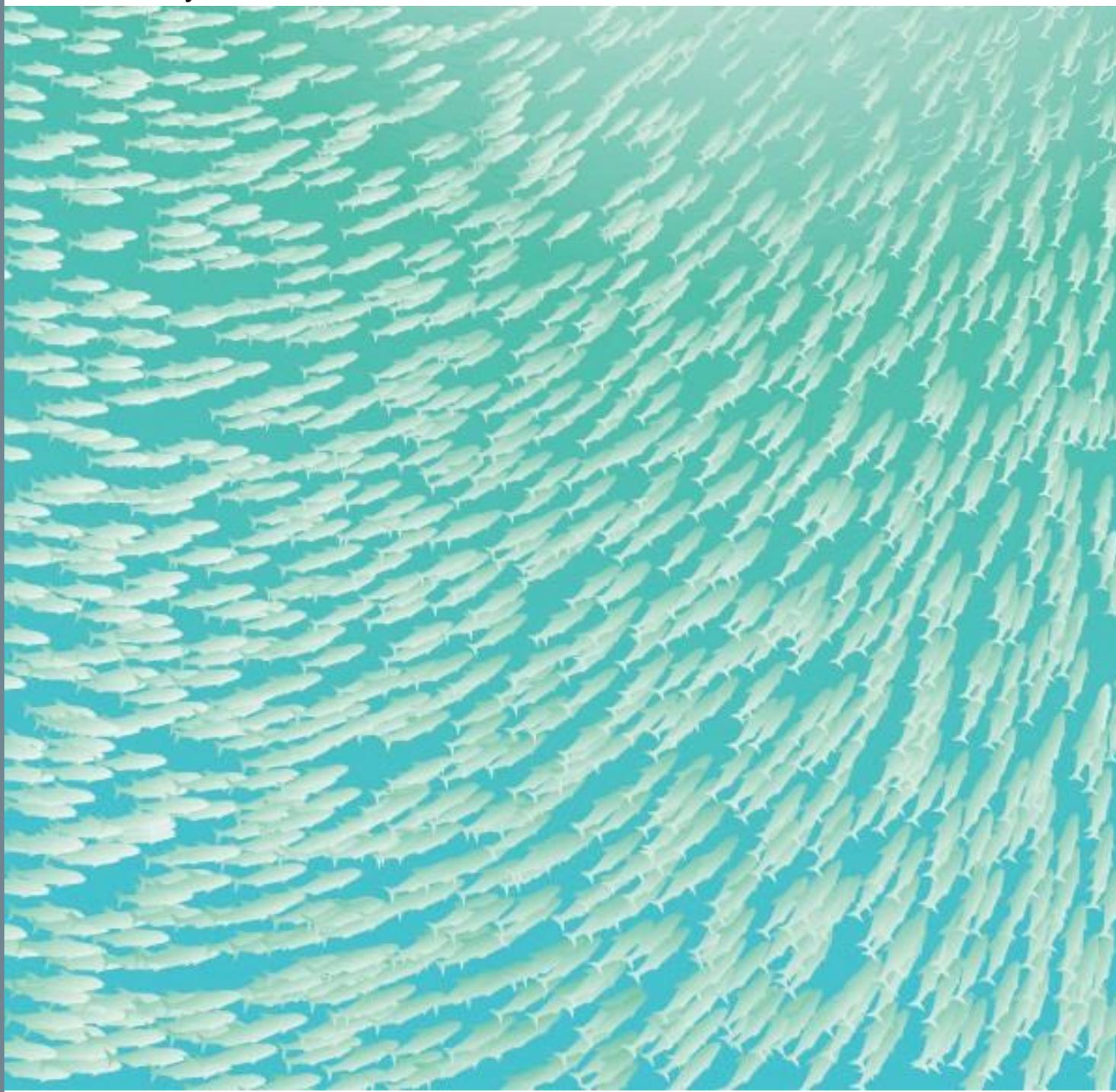
10 de JUNHO de 2019



Avaliação da Capacidade Laboratorial Nacional para Mensuração de Mercúrio em Diferentes Matrizes

Produto 6 do Convênio entre ONU Meio Ambiente e CEAP-FSP/USP

Data: 10 de junho de 2019



Avaliação da Capacidade Laboratorial Nacional para Mensuração de Mercúrio em Diferentes Matrizes

Contato do responsável por este trabalho	
Nome completo da instituição	Centro de Apoio à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (CEAP-FSP/USP)
Pessoa para contato	João Vicente de Assunção / Larissa Ciccotti Freire
Endereço de e-mail	jianya@usp.br
Número de telefone	(11) 3061-7885
Número de fax	(11) 3062-8540
Site da instituição na internet	http://www.fsp.usp.br/site/paginas/mostrar/1385
Data de emissão do relatório	10 de junho de 2019.

Autoria

João Vicente de Assunção (coordenador)

Ana Paula Francisco

Edson Pacheco Junior

Larissa Ciccotti Freire

Ministério do Meio Ambiente (Equipe Técnica)

Camila Arruda Boechat

Diego Henrique Costa Pereira

Tatiana Pierre Francisco

RESUMO EXECUTIVO

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio tem como objetivo proteger o meio ambiente e a saúde de emissões e liberações antrópicas de mercúrio. Para atingir este objetivo, há necessidade de informações estruturantes para cumprimento das diversas provisões da Convenção. Dentre estas informações, a rede laboratorial existente para monitoramento de mercúrio, em diferentes matrizes, é de primordial importância, tendo em vista a grande exposição ao mercúrio, principalmente em populações vulneráveis, necessidade de estimar perdas do metal para o ambiente, grande lacuna de informações no inventário, entre outros. Assim, este trabalho foi desenvolvido com vistas a atender a esta finalidade.

O levantamento da capacidade laboratorial nacional para mensuração de mercúrio foi elaborado em 2019, no âmbito das atividades do Ministério do Meio Ambiente (MMA) relacionadas ao Projeto *Minamata Initial Assessment* (MIA) – Desenvolvimento da Avaliação Inicial da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil, com apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente), em convênio com o Centro de Apoio à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – CEAP-FSP/USP.

OBJETIVOS:

O trabalho teve como objetivo geral realizar a avaliação da capacidade laboratorial nacional para mensuração de mercúrio em diferentes matrizes. Os objetivos específicos fixados foram: a) quantificar os laboratórios de referência existentes que trabalham com a mensuração de mercúrio; b) identificar as principais matrizes utilizadas pelos laboratórios; c) compreender os métodos utilizados.

METODOLOGIA:

A capacidade brasileira de análise de mercúrio foi verificada em relação às matrizes que devem ser consideradas para análise laboratorial de mercúrio, bem como aos métodos analíticos e técnicas de análise utilizados, com vista ao atendimento da Convenção. Desta forma, foram verificados todos os artigos e disposições da Convenção e respectivas matrizes necessárias de serem analisadas, bem como as matrizes que devem ser analisadas para atender às disposições legais e aquelas necessárias à verificação ou monitoramento da exposição da população a este metal e seus principais compostos de interesse.

A base do levantamento foi de dados secundários, obtidos por pesquisa bibliográfica e documental, e eventuais contatos com os laboratórios. Para obtenção dos laboratórios acreditados segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, consultou-se a base de dados do INMETRO. Adicionalmente, foram verificadas as redes de laboratórios oficiais que dão suporte ao monitoramento de mercúrio, em especial da ANVISA e Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), bem como outros laboratórios que são considerados de referência em estudos de mercúrio.

RESULTADOS:

Conjunto de matrizes:

Foram considerados três pilares: legislação, monitoramento da exposição da população e Convenção de Minamata sobre Mercúrio; as matrizes foram então distribuídas em cinco grupos de amostras para análise de mercúrio: a) Amostras ambientais; b) Amostras biológicas humanas; c) Produtos relacionados à saúde e segurança humanas; d) Produtos de consumo e similares; e) Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.

Nas **amostras ambientais** estão inseridas as matrizes água, resíduos sólidos, resíduo líquido, emissões, sedimento, solo, plantas, ar atmosférico e amostras biológicas (peixes, moluscos, tecido vegetal).

Nas **amostras biológicas humanas** estão considerados cabelo, sangue, urina e leite materno, enquanto em **produtos relacionados à saúde e segurança humanas** estão considerados equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos, implantes mamários, produtos farmacêuticos e materiais diversos (luvas, máscaras, próteses, etc.); em **produtos de consumo e similares** estão considerados alimentos e bebidas, artigos escolares, brinquedos, calçados e afins, embalagens e outros produtos de uso infantil.

Em **máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais**, foram considerados: eletrodomésticos, equipamento de medição e controle, produtos metálicos, produtos têxteis, celulose e papel, couro, produtos de borracha e plásticos, pigmentos e corantes, tintas, cimento e fertilizantes.

Laboratórios acreditados pelo INMETRO:

A pesquisa no site do INMETRO, realizada no dia 20 de abril de 2019, resultou em 129 laboratórios de interesse, sendo que, destes, 3 estavam suspensos, no que se refere a análises de mercúrio, e 1 encontrava-se em suspensão total. Desta forma, foram considerados os 125 laboratórios ativos que realizavam análise de mercúrio, cuja distribuição geográfica está mostrada na Figura RE1. Destes 125 laboratórios, 100 realizam análise em matrizes ambientais e, em segundo lugar, 36 realizam análise em matrizes relacionadas a produtos de consumo e similares; em terceiro lugar, 21 realizam análise de matrizes relacionadas à saúde e segurança humanas, e as demais matrizes têm menor participação. A distribuição segundo matrizes analisadas está mostrada na Figura RE2.

Destes 100 laboratórios que realizam análise de amostras ambientais, 81 estão localizados na região Sudeste, sendo 64 no estado de São Paulo. A distribuição geográfica destes 100 laboratórios está apresentada na Figura RE3.

As amostras ambientais, nas quais foi identificada capacidade de análise para mercúrio pelos laboratórios brasileiros acreditados, e ativos em 20.04.2019, foram: água; água residual; amostragem em efluentes gasosos; emissões atmosféricas; gases e poluentes da atmosfera; ar (higiene ocupacional); resíduos; solo; sedimento; bioindicadores, biomarcadores e tecidos vegetais e animais. Observando que um laboratório pode realizar análise em mais de uma matriz, 84 laboratórios realizam análise de mercúrio em água, 76 em águas residuais, 50 em resíduos, 44 em solo e sedimentos e 15 fazem amostragem em efluentes gasosos. As demais matrizes têm pequena participação, conforme apresentado na Figura RE4.

Técnicas de análise laboratoriais:

Em termos analíticos, há preponderância das técnicas espectrométricas, em geral com análise de vapor frio (CV). Estão sendo utilizadas as seguintes técnicas: absorção atômica (AAS), incluindo com vapor frio (CVAAS) e geração de hidreto (HG-CVAAS); espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), incluindo HG-ICP-OES e CV-ICP-OES; e espectrometria de fluorescência atômica (AFS), incluindo CVAFS. Esta última é a que maior sensibilidade. Há também uso da técnica de Fluorescência de Raios X (XRF), de menor sensibilidade que as mencionadas anteriormente.

Figura RE1 Distribuição geográfica dos laboratórios acreditados pelo INMETRO, para análise de mercúrio, que se encontravam ativos em 20.04.2019.

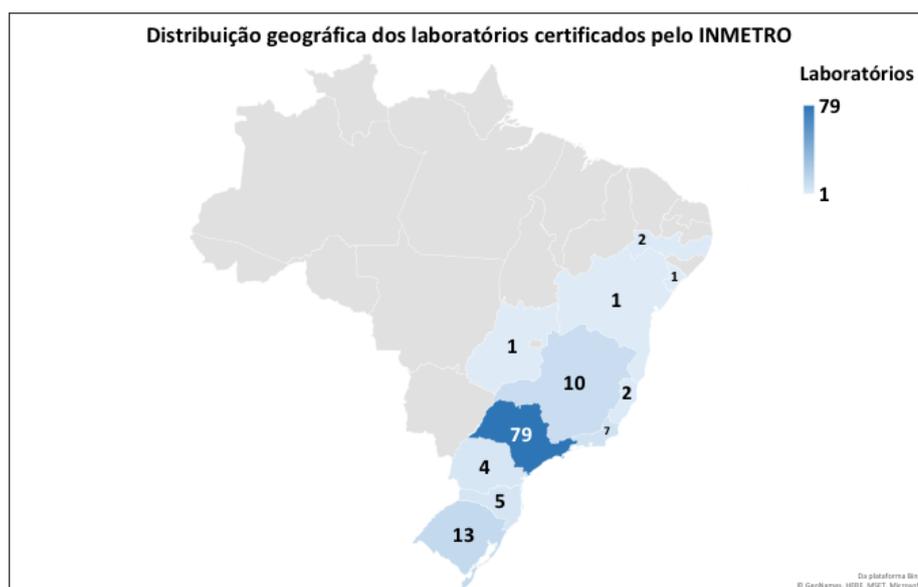
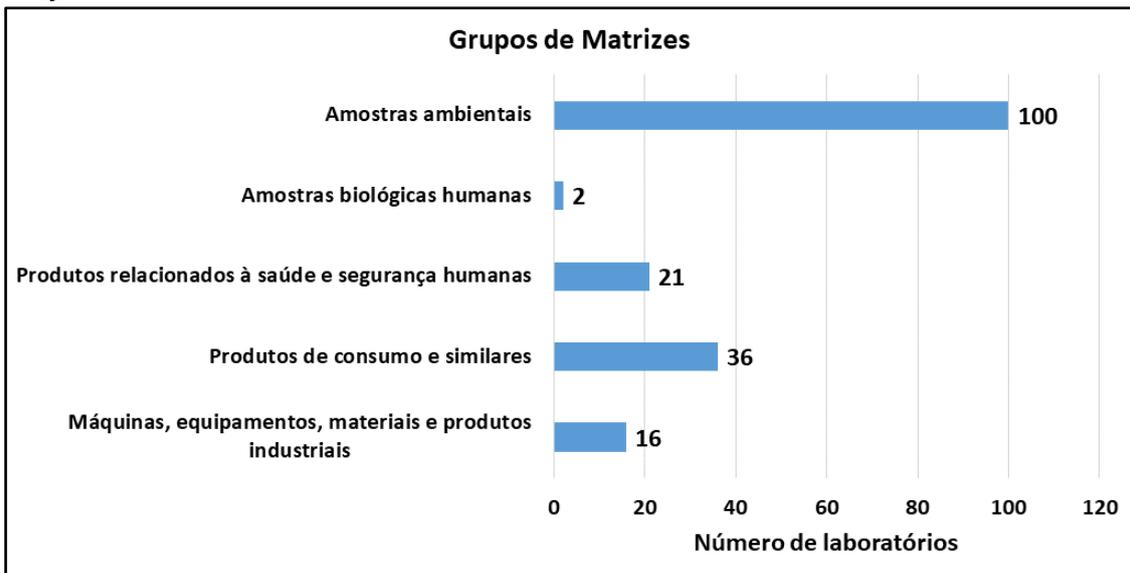
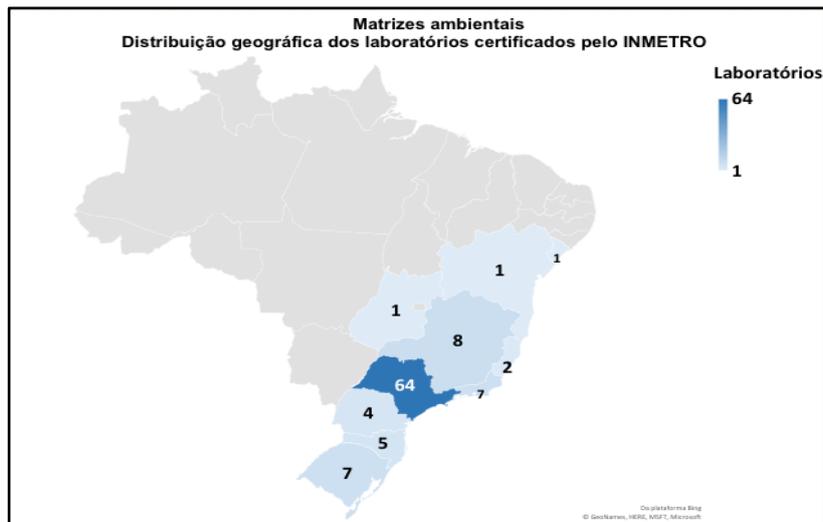


Figura RE2 Distribuição dos laboratórios ativos, acreditados pelo INMETRO, segundo conjunto de matrizes analisadas.



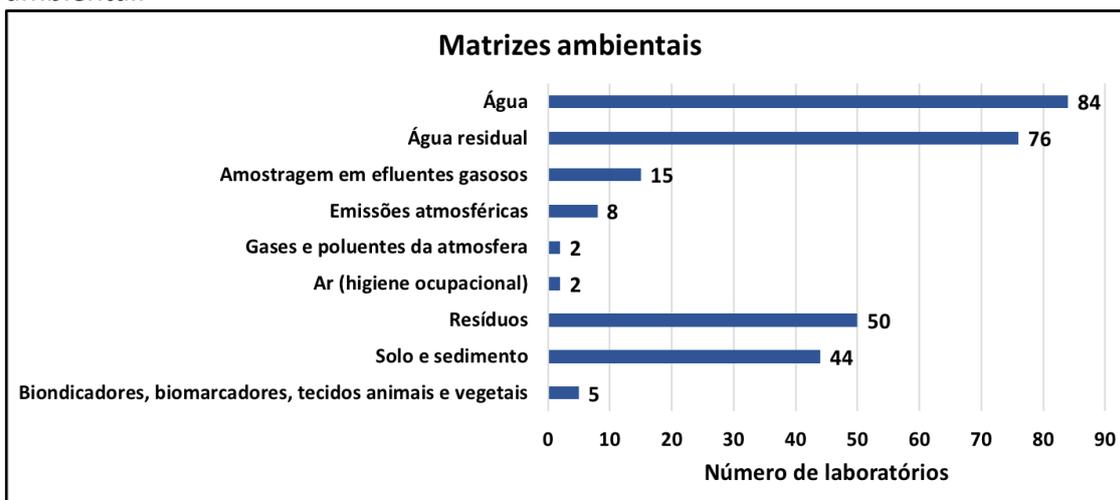
Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Figura RE3 Distribuição geográfica dos laboratórios ativos, para matrizes ambientais.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Figura RE4 Número de laboratórios acreditados pelo INMETRO, segundo matriz ambiental.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Conforme apresentado na Tabela RE1, as duas técnicas mais frequentemente utilizadas nos laboratórios foram AAS e ICP-OES, considerando todas as variações em ambas. Destaque-se o uso de vapor frio na absorção atômica (CVAAS). Espectrometria por fluorescência atômica (AFS), com todas suas variações, que tem melhor sensibilidade, tem pequena participação. ICP-MS, que possibilita a especificação, também tem pequena participação. A técnica de fluorescência de raios x (XRF) não é utilizada em amostras ambientais e nem em amostras biológicas humanas, mas tem boa participação no grupo de matrizes “Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais”, onde chega a representar 25,7%.

Tabela RE1 Distribuição das técnicas de análise utilizadas nos laboratórios acreditados pelo INMETRO, segundo grupos de matrizes analisadas (%)*.

Grupo de Matrizes	Técnica de Análise				
	AAS**	AFS**	ICP-OES**	ICP-MS	XRF
Ambientais	43,7	8,0	41,9	6,3	-
Biológicas humanas	100,0	-	-	-	-
Produtos relacionados à saúde e segurança humanas	45,8	-	45,8	3,9	4,5
Produtos de consumo e similares	36,7	1,5	46,4	8,3	7,0
Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais	28,8	2,3	36,1	7,0	25,7

*obtida pela média ponderada considerando o número de laboratórios e a média de uso da técnica para cada matriz analisada.

** e suas variações

A técnica ICP-OES é menos sensível do que AAS, mas em geral, com raras exceções, os Limites de Quantificação (LQs) dessa técnica atendem aos limites legais estabelecidos e valores de referência utilizados para as matrizes apresentadas. Os Limites de Quantificação (LQs) variam de acordo com a matriz, técnica utilizada e metodologia de preparo da amostra. O relatório apresenta, em seu Apêndice 2, os LQs para cada matriz e para cada laboratório acreditado ativo.

Laboratórios governamentais de referência:

Três grandes redes de laboratórios de referência oficiais foram identificadas, a Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária (RNLVISA), com 9 unidades; a Rede de Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária (LFDAs), com 6 unidades; a Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde (REBLAS). Menções também foram feitas aos laboratórios de institutos de pesquisa e de universidades, bem como aos laboratórios clínicos que realizam análise de mercúrio em amostras biológicas humanas.

A RNLVISA é formada pelos 27 Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACENs), um em cada unidade da federação, mais o Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde – INCQS (Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ) e 5 laboratórios municipais (Belo Horizonte, Manaus, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo). Somente alguns poucos desses laboratórios realizam análise de mercúrio.

Segundo dados do site da ANVISA, o LACEN do Distrito Federal, e o Laboratório de Controle de Qualidade em Saúde do município de São Paulo, fazem determinação de mercúrio em carnes, produtos cárneos, pescados e derivados. O Instituto Adolfo Lutz em São Paulo e 3 laboratórios centrais estaduais fazem análise de mercúrio em alimentos (LACEN/MG, LACEN/CE, LACEN/DF). Sete laboratórios fazem análise de mercúrio em água (Fiocruz do RJ, Instituto Adolfo Lutz de SP, LACEN/MG, LACEN/CE, LACEN/SC, LACEN/PA e Laboratório de Controle de Qualidade em Saúde, do município de São Paulo). Um laboratório faz análise de mercúrio na área de medicamentos (Fiocruz, Rio de Janeiro).

As verificações feitas por contato telefônico com esses laboratórios, exceto LACEN-AM, que não foi possível contatar, mostraram que, além da concentração de laboratórios na região Sudeste, aqueles que estão em melhores condições de atuação e com número mais amplo de matrizes analisadas são também os da região Sudeste, e são os que estão realizando as análises de forma contínua; os demais estão com problemas de manutenção de equipamentos e um utiliza método com sensibilidade abaixo da necessária para análises mais exigentes e o estão substituindo, para retomar as análises. A exceção, fora da região Sudeste, é o do LACEN do estado do Pará, que está em condições de realizar as análises para as matrizes previstas e com método diferenciado de todos os demais (ICP-MS), que permite inclusive a especiação e determinação de mercúrio orgânico, em especial o metilmercúrio, quando acoplado a cromatógrafo.

Os LFDAs, antigos LANAGROS, são laboratórios oficiais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Existiam, em abril de 2019, 6 LFDAs, com unidades servindo

todas as regiões do Brasil, localizadas em Belém/PA; Recife/PE; Goiânia/GO; Pedro Leopoldo/MG, com unidades avançadas em Belo Horizonte, Andradas e Varginha; Campinas/SP, com unidade avançada em Jundiaí; Porto Alegre/RS, com unidade avançada em São José/SC.

Dos 125 laboratórios ativos que fazem análise de mercúrio e possuem acreditação INMETRO segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, 4 são LFDA: LFDA-MG (Pedro Leopoldo); LFDA-PE (Dois Irmãos), LFDA-RS (Porto Alegre) e LFDA-SP (Campinas).

O LFDA-MG realiza análise de mercúrio em peixes, músculo equino e em leite, utilizando o método de AAS por combustão e amalgamação com ouro. O LFDA-PE realiza análise de mercúrio em pescados e produtos da pesca, utilizando o método de HGAAS com combustão e amalgamação com ouro (TDAAS). O LFDA-RS faz análise de mercúrio em músculo de pescado, músculo bovino, de suíno e de ave, utilizando a técnica de CVAAS. Esta informação está condizente com a disponibilizada por contato telefônico. Por último, o LFDA-SP realizava análise de mercúrio em pescado, carne suína, bovinos e aves, utilizando também o método de AAS por combustão e amalgamação com ouro (TDAAS).

Em contato telefônico com o LFDA-SP, verificou-se que o equipamento foi transferido para o LFDA de Goiás. O LFDA-GO, sediado em Goiânia, confirmou que recebeu o aparelho do LFDA-SP e estão em fase de preparação para acreditação, para análise de fertilizantes. Em relação ao LFDA-PA, não foi encontrada nenhuma certificação ou acreditação para análise de mercúrio.

A rede REBLAS é constituída por laboratórios analíticos, públicos ou privados, habilitados pela ANVISA, capazes de oferecer serviços de interesse sanitário com qualidade, confiabilidade, segurança e rastreabilidade. Todos os laboratórios precisam ser acreditados pelo INMETRO para fazer parte da rede REBLAS. Ela inclui, atualmente, 49 laboratórios acreditados pelo INMETRO para análise de mercúrio

Outros laboratórios:

Deve-se ainda destacar que há vários laboratórios destinados ao ensino e à pesquisa, localizados em diferentes instituições no Brasil, que realizam análise de mercúrio em diferentes matrizes.

Destes, destacamos três laboratórios, o Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental (LEMA) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM); o Laboratório de Determinação de Mercúrio (LDM) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CNEN), autarquia vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o laboratório do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

Existem também grupos de pesquisa que realizam análise de mercúrio em vários institutos e universidades. Por exemplo, a Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas, no Pará; Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, do Instituto de Biofísica de Biofísica Carlos Chagas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR).

Apesar de em geral não estarem acreditados junto ao INMETRO, estes grupos têm trabalhos de comparação entre laboratórios, ou de comparação com amostras padrão, que garantem confiabilidade.

Laboratórios clínicos também fazem análise de metais, dentre eles o mercúrio, no sangue, urina e no cabelo. Eles são em grande número e também podem ser considerados para os objetivos deste trabalho.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Existem, atualmente, 125 laboratórios no Brasil que realizam análise de mercúrio, ativos e acreditados pelo INMETRO. Há uma concentração grande de laboratórios no Sudeste, em especial no estado de São Paulo; a água e água residual, são as matrizes melhor servidas por laboratórios acreditados. As técnicas utilizadas se mostraram, com raras exceções, condizentes com os limites máximos de mercúrio regulamentados, bem com atendem aos níveis de referência de normalidade para cabelo, sangue humano e urina.

No entanto, as análises em geral são para mercúrio total e várias matrizes tem pouca disponibilidade de laboratórios acreditados para análise. Ainda há pouca disponibilidade para análise de mercúrio orgânico.

No setor da saúde, os LACENs não estão bem distribuídos geograficamente, há dificuldades em manter os equipamentos de análise e obter insumos para proceder às análises necessárias nos LACENs, conforme definido no escopo da rede. Os laboratórios de Defesa Agropecuária (LFDAs), que realizam análises de mercúrio, estão melhor distribuídos geograficamente e em melhores condições quanto a equipamentos e insumos necessários.

Há vários laboratórios destinados ao ensino e à pesquisa, localizados em diferentes instituições no Brasil, que, apesar de não possuírem acreditação, realizam análise de mercúrio em diferentes matrizes, com metodologia que garante confiabilidade nos resultados.

As necessidades para implementação da Convenção de Minamata e a obtenção de dados de conteúdo de mercúrio já podem ser supridas pela rede de laboratórios existentes, mas com certeza haverá necessidade de desenvolvimento e validação de métodos para matrizes específicas, o que é um procedimento normal em laboratórios de análise química, quando há demanda de análise em novas matrizes.

EXECUTIVE SUMMARY

The Minamata Convention on Mercury aims to protect the environment and the health against anthropogenic emissions and releases of mercury. To achieve this objective, there is a need for structuring information to comply with the various provisions of the Convention. Among this information, the existing laboratory network for mercury monitoring in different matrices is of primary importance, due to the great exposure to mercury, especially in vulnerable populations, the need to estimate losses of this metal to the environment, a large information gap in inventory, among others. Thus, this work was developed with a view to this purpose.

The survey on national laboratory capacity for mercury measurement was performed in 2019, within the framework of the activities of the Ministry of the Environment (MMA) related to the Minamata Initial Assessment (MIA) Project - Development of the Initial Evaluation of the Convention of Minamata on Mercury in Brazil, with support from the United Nations Environment Program (UN Environment Program), in partnership with the Support Center of the Faculty of Public Health of the University of São Paulo (CEAP-FSP/USP).

GOALS:

The objective of this study was to evaluate the national laboratory capacity to measure mercury in different matrices. The specific objectives set were a) to quantify the existing reference laboratories that work with the measurement of mercury; b) identify the main matrices used by the laboratories; c) understand the methods used.

METHODOLOGY:

The Brazilian capacity for mercury analysis was verified in relation to the matrices that should be considered for laboratory analysis of mercury, as well as the analytical methods and analysis techniques used, in order to comply with the Convention. In this way, all the articles and provisions of the Convention, as well as the matrices that must be analyzed to meet the legal provisions, and to monitor the population exposure to this metal and its main compounds of interest.

The base of the survey was secondary data, obtained by bibliographical and documentary search, and eventual contacts with laboratories. To obtain the accredited laboratories according to the Norm ISO/IEC 17025: 2017, the INMETRO database was consulted. Additionally, the networks of official laboratories that support the monitoring of mercury, in particular of ANVISA and the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (MAPA) as well as other laboratories that are considered reference in mercury studies were verified.

RESULTS:

Set of matrices:

Three pillars were considered: legislation, population exposure monitoring and the Minamata Convention on Mercury; the matrices were then distributed into five groups of matrices for mercury analysis: a) Environmental samples; b) Human biological samples; c) Products related to human health and safety; d) Consumer and similar products; e) Machinery, equipment, materials and industrial products.

In the **environmental samples** are inserted the matrices water, solid residues, liquid residue, emissions, sediment, soil, plants, atmospheric air and biological samples (fish, mollusks, plant tissue).

In **human biological samples** were considered hair, blood, urine and breast milk, while in **products related to human health and safety** were considered medical and hospital equipment and instruments, dental implants, breast implants, pharmaceuticals and various materials (gloves, masks, etc.); in **consumer and similar products** were considered foods and beverages, school articles, toys, shoes and the like, packaging and other products for children.

In **machinery, equipment, materials and industrial products**, were considered household appliances, measuring and control equipment, metal products, textile products, cellulose and paper, leather, rubber and plastic products, pigments and dyes, paints, cement and fertilizers.

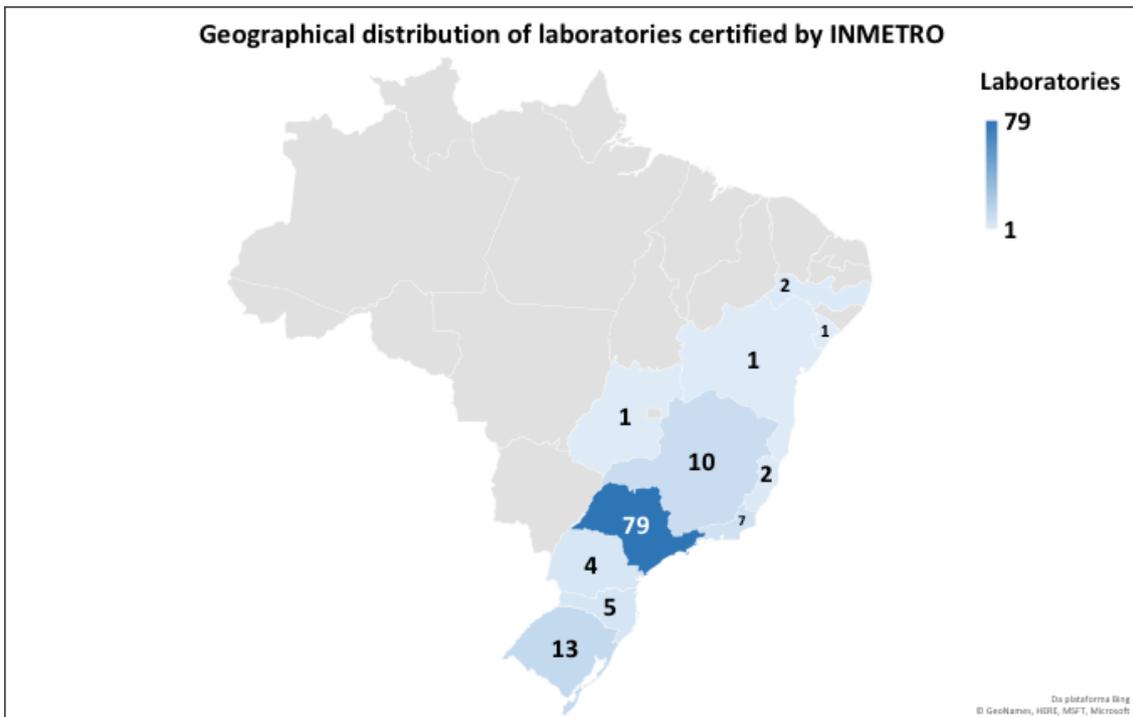
Laboratories accredited by INMETRO:

The survey on the INMETRO website, that was done on April 20, 2019, resulted in 129 laboratories of interest, of which 3 were suspended for mercury analysis and 1 was in total suspension. In this way, it was considered the 125 active laboratories that perform mercury analysis, whose geographic distribution is shown in Figure RE1. Of these 125 laboratories, 100 perform analysis on environmental matrices and, secondly, 36 on consumer and similar products, and thirdly 21 performed analysis on matrices related to health and human security and then other matrices with less participation. The distribution according to matrices that can be analyzed is shown in Figure RE2.

Of these 100 laboratories that perform analysis of environmental samples, 81 are located in the Southeast region, 64 out of them in the state of São Paulo. The geographical distribution of these 100 laboratories is shown in Figure RE3.

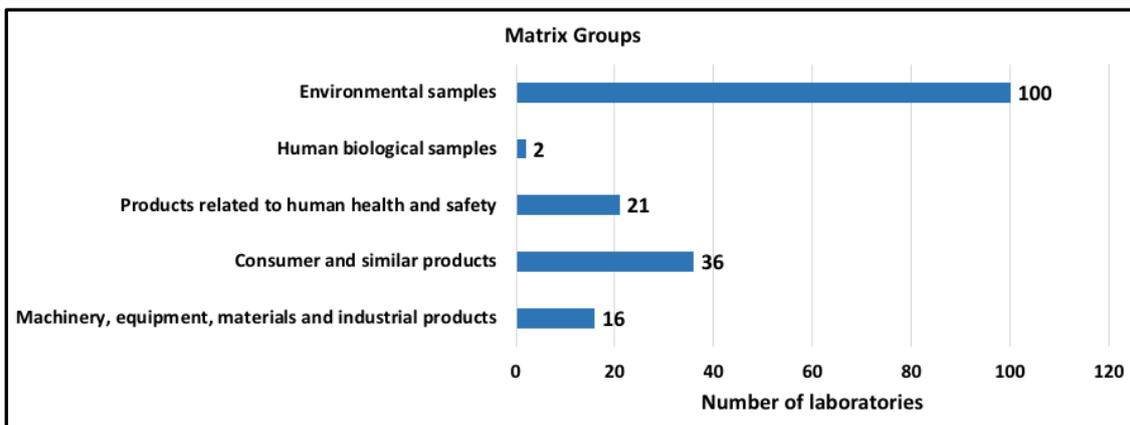
The environmental samples, in which mercury analysis capacity was identified by accredited Brazilian laboratories, and active on 04.20.2019, were: water; residual water; sampling in gaseous effluents; atmospheric emissions; gases and pollutants from the atmosphere; air (occupational hygiene); waste; ground; sediment; bioindicators, biomarkers and plant and animal tissues. Noting that a laboratory can perform analysis in more than one matrix, 84 laboratories perform mercury analysis in water, 76 in wastewater, 50 in waste, 44 in soil and sediments, and 15 do sampling of gaseous effluents. The other matrices have small participation, as shown in Figure RE4.

Figure RE1 Geographical distribution of laboratories accredited by INMETRO, for mercury analysis, which were active on 04.20.2019.



Prepared by the authors. Data source: INMETRO

Figure RE2 Distribution of active laboratories accredited by INMETRO, according to groups of matrices.



Prepared by the authors. Data source: INMETRO

Figure RE3 Geographic distribution of active laboratories, dedicated to the analysis of environmental matrices.

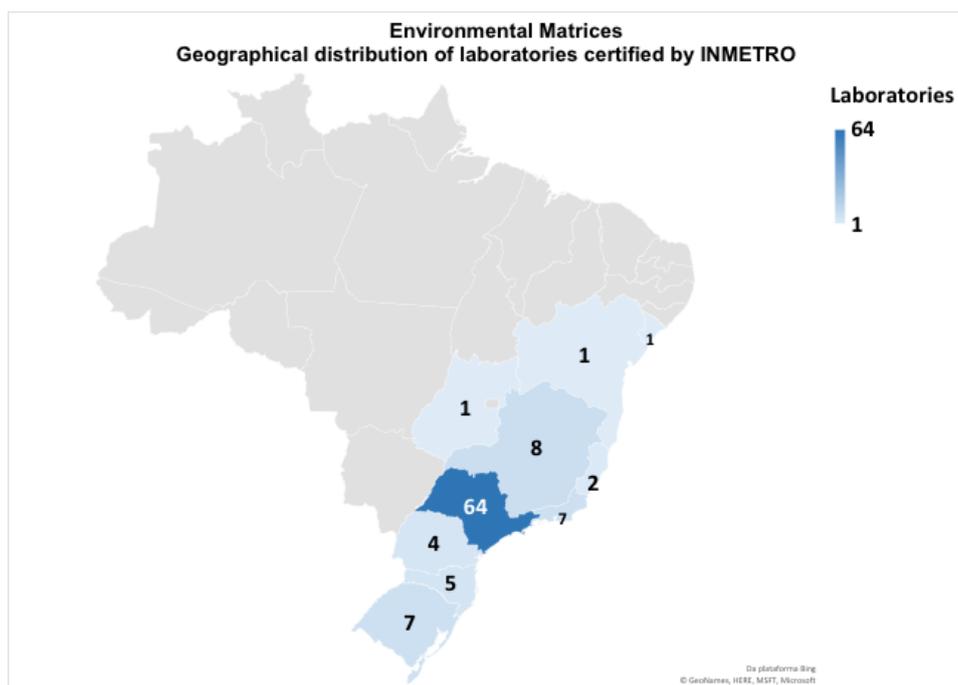
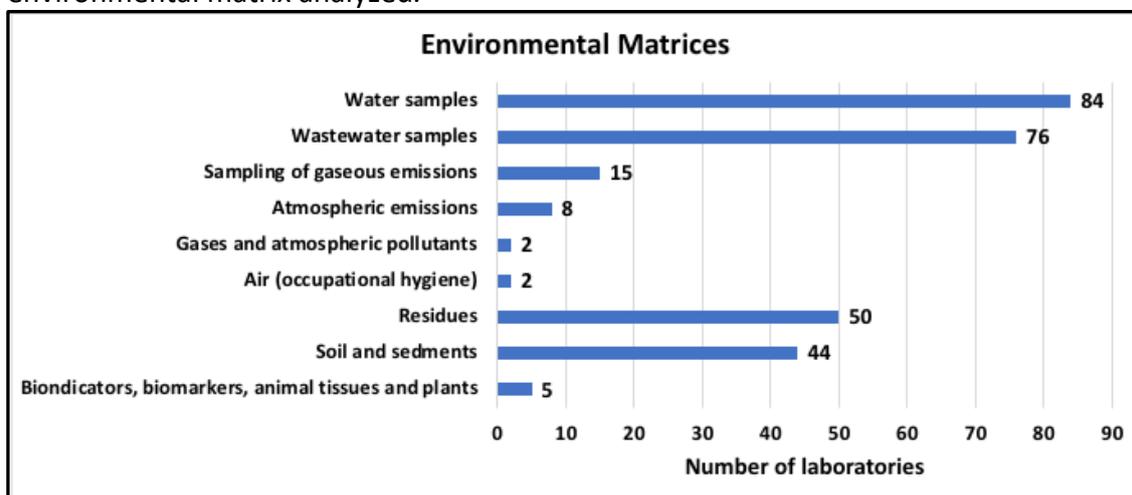


Figure RE4 Number of laboratories accredited by INMETRO, according to the type of environmental matrix analyzed.



Prepared by the authors. Data source: INMETRO

Laboratory Analysis Techniques:

In analytical terms, there is a preponderance of spectrometric techniques, usually with analysis of cold vapor (CV). The following techniques are being used: atomic absorption (AAS), including with cold vapor (CVAAS) and hydride generation (HG-CVAAS); inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-OES), including HG-ICP-OES and CV-ICP-OES; and atomic fluorescence spectrometry (AFS), including CVAFS. The latter is the most sensitive. There is also use of the X-Ray Fluorescence (XRF) technique, which is less sensitive than previously mentioned.

As shown in Table RE1, the two techniques most frequently used in the laboratories were AAS and ICP-OES, considering all variations in both. The use of cold vapor in atomic absorption (CVAAS) is highlighted. Atomic fluorescence spectrometry (AFS), with all its variations, which has better sensitivity, has a small participation. ICP-MS, which allows for speciation, if accoupled to a gas chromatograph, also has a small participation. The x-ray fluorescence (XRF) technique is not used in environmental samples nor in human biological samples, but it has a good participation in the matrix group "Machinery, equipment, materials and industrial products", where it represents 25.7%.

Table RE1 Distribution of the analysis techniques used in laboratories accredited by INMETRO, according to groups of matrices analyzed (%) *

Group of Matrices	Laboratory Analysis Technique				
	AAS**	AFS**	ICP-OES**	ICP-MS	XRF
Environmental matrices	43.7	8.0	41.9	6.3	-
Human biological matrices	100.0	-	-	-	-
Products related to human health and safety	45.8	-	45.8	3.9	4.5
Consumer and similar products	36.7	1.5	46.4	8.3	7.0
Machinery, equipment, materials and industrial products	28.8	2.3	36.1	7.0	25,7

* obtained by the weighted average considering the number of laboratories and the average use of the technique for each matrix analyzed.

** and its variations

The OES technique is less sensitive than AAS, but in general, with rare exceptions, the Limits of Quantification (LQs) of this technique meet the established legal limits and reference values used for the matrices presented. Quantification Limits (LQs) vary according to the matrix, technique used and sample preparation methodology. The report presents, in Appendix 2, the LQs for each matrix and for each active accredited laboratory.

Government Reference Laboratories:

Three major networks of official reference laboratories were identified, the National Network of Sanitary Surveillance Laboratories (RNLVISA), with 9 units; the Network of Federal Agricultural Laboratories (LFDAs), with 6 units; the Brazilian Network of Analytical Laboratories in Health (REBLAS). Mentions have also been made to laboratories at research institutes and universities, as well as clinical laboratories that perform mercury analysis on human biological samples.

RNLVISA is formed by the 27 Central Public Health Laboratories (LACENs), one in each unit of the federation, plus the National Institute of Quality Control in Health - INCQS (Oswaldo Cruz Foundation - FIOCRUZ) and 5 municipal laboratories (Belo Horizonte, Manaus, Recife, Rio de Janeiro and São Paulo). Only a few perform mercury analysis.

According to ANVISA website, LACEN of the Federal District, and the Laboratory of Quality Control in Health of the city of São Paulo, make determination of mercury in meats, meat products, fish and derivatives. The Adolfo Lutz Institute in São Paulo and three state central laboratories conduct mercury analysis in food (LACEN/MG, LACEN/CE, LACEN/DF). Seven

laboratories analyze mercury in water (Fiocruz RJ, Institute Adolfo Lutz of SP, LACEN/MG, LACEN/CE, LACEN/SC, LACEN/PA and Laboratory of Quality Control in Health, São Paulo city). A laboratory does mercury analysis in the area of medicines (Fiocruz, Rio de Janeiro).

Checks made by telephone contact with these laboratories, except LACEN/AM, which could not be contacted, showed that, in addition to the concentration of laboratories in the Southeast, those that are in better working conditions and with a larger number of matrices analyzed are also those of the Southeast region, and are the ones that are carrying out the analyzes in a continuous way; the others are experiencing equipment maintenance problems and one uses a method with sensitivity below that required for more demanding analyzes and it is being replaced to resume the analysis. The exception, outside the Southeast, is that of LACEN in the state of Pará, which is in a position to carry out the analyzes for the predicted matrices and with a differentiated method of all others (ICP-MS), which allows even chemical speciation and determination of organic mercury, especially methylmercury, when accoupled with a gas chromatograph.

The LFDAs, former LANAGROS, are official laboratories of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. There were, in April 2019, 6 LFDAs, with units serving all the regions of Brazil, located in Belém/PA; Recife/PE; Goiânia/GO; Pedro Leopoldo/MG, with advanced units in Belo Horizonte, Andradas and Varginha; Campinas/SP, with advanced unit in Jundiaí; Porto Alegre/RS, with an advanced unit in São José/SC.

Out of the 125 active laboratories that perform mercury analysis, with INMETRO accreditation according to the ABNT NBR ISO / IEC 17025: 2017 standard, 4 are LFDAs: LFDA-MG (Pedro Leopoldo); LFDA-PE (Dois Irmãos), LFDA-RS (Porto Alegre) and LFDA-SP (Campinas).

The LFDA-MG performs mercury analysis in fish, equine muscle and milk, using the AAS method by combustion and amalgamation with gold. The LFDA-PE performs mercury analysis on fish and fishery products using the HGAAS method with combustion and gold amalgamation (TDAAS). The LFDA-RS analyzes mercury in fish muscle, bovine muscle, swine and bird muscle, using the CVAAS technique. This information is consistent with that provided by telephone contact. Finally, the LFDA-SP performed mercury analysis on fish, pork, cattle and poultry, using the AAS method by combustion and amalgamation with gold (TDAAS).

In contact with the LFDA-SP, it was informed that the equipment was transferred to the LFDA of Goiás. The LFDA-GO, headquartered in Goiânia, confirmed that it received the device from the LFDA-SP and is in preparation for accreditation, for fertilizer analysis. Regarding LFDA-PA, no certification or accreditation was found for mercury analysis.

The REBLAS network consists of analytical laboratories, public or private, qualified by ANVISA, capable of offering services of sanitary interest with quality, reliability, safety and traceability. All laboratories must be accredited by INMETRO to be part of the REBLAS network. It currently includes 49 laboratories accredited by INMETRO for mercury analysis.

Other laboratories:

It should also be noted that there are several laboratories for teaching and research, located in different institutions in Brazil, that perform mercury analysis in different matrices.

Of those, we highlight three laboratories, the Laboratory of Speciation of Environmental Mercury (LEMA) of the Center of Mineral Technology (CETEM); the Mercury Determination Laboratory (LDM) of the Center for the Development of Nuclear Technology (CNEN), an entity

linked to the Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications (MCTIC) and the Laboratory of the Nuclear and Energy Research Institute (IPEN).

There are also research groups that perform mercury analysis in various institutes and universities. For example, the Environmental Section of the Evandro Chagas Institute, in Pará; Radioisotope Laboratory Eduardo Penna Franca, Carlos Chagas Institute of Biophysics of Biophysics, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ); Department of Chemistry, Federal University of São Carlos (UFSCAR). Although they are generally not accredited by INMETRO, these groups have laboratory inter-comparisons, or work with standard samples, which guarantee reliability.

Clinical laboratories also make analysis of metals, among them mercury, in blood, urine and hair. They are in large numbers and can also be considered for the purposes of this work.

CONCLUSIONS AND FINAL CONSIDERATIONS:

There are currently 125 laboratories in Brazil that perform mercury analysis, active and accredited by INMETRO. There is a large concentration of laboratories in the Southeast, especially in the state of São Paulo; water and wastewater, are the matrices best served by accredited laboratories. The techniques used have been shown, with rare exceptions, to be consistent with the maximum limits of mercury regulated, as well as meet normal reference levels for hair, human blood and urine.

However, the chemical analyzes in general are for total mercury and several matrices have little availability of accredited laboratories. There is still little availability of laboratories for analysis of organic mercury.

In the health sector, LACENs are not well distributed geographically, there are difficulties in maintaining the analysis equipment and obtaining supplies to carry out the necessary analyzes in the LACENs, as defined in the scope of the network. The Agricultural Defense Laboratories (LFDAs), which perform mercury analyzes, are better distributed geographically and in better conditions regarding the equipment and necessary supplies.

There are several laboratories for teaching and research, located in different institutions in Brazil, which, despite not having accreditation, perform mercury analysis in different matrices with a methodology that guarantees reliability of results.

The needs for implementation of the Minamata Convention and the obtaining of mercury content data can already be met by the network of existing laboratories, but there is certainly a need for the development and validation of methods for specific matrices, which is a normal procedure in laboratories of chemical analysis, when there is demand of analysis in new matrices.

Sumário

RESUMO EXECUTIVO	4
EXECUTIVE SUMMARY	12
LISTA DE FIGURAS.....	21
LISTA DE TABELAS.....	21
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	22
1 INTRODUÇÃO	23
2 MATRIZES CONSIDERADAS NA INFRAESTRUTURA LABORATORIAL	24
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	24
2.2 MATRIZES REQUERIDAS SEGUNDO LEGISLAÇÃO	26
2.2.1 RESOLUÇÕES CONAMA.....	26
2.2.2 LEGISLAÇÃO DA ÁREA DA SAÚDE	27
2.2.3 LEGISLAÇÃO DA ÁREA DA AGRICULTURA E PECUÁRIA	28
2.2.4 REGULAMENTAÇÃO DO INMETRO	28
2.3 MATRIZES REQUERIDAS PARA MONITORAMENTO DA EXPOSIÇÃO DA POPULAÇÃO	29
2.4 MATRIZES REQUERIDAS PARA SUPORTE À CONVENÇÃO DE MINAMATA SOBRE MERCÚRIO.....	30
2.5 CONJUNTO DE MATRIZES A SEREM ANALISADAS	32
3 MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO	32
3.1 ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA (AAS)	35
3.2 ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA ATÔMICA (AFS)	36
3.3 ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ATÔMICA POR PLASMA INDUTIVAMENTE ACOPLADO (ICP-OES)...	37
3.4 ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS INSTRUMENTAL (INAA).....	38
3.5 ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS RADIOQUÍMICA (RNAA).....	39
3.6 SISTEMAS COM SEPARAÇÃO DE COMPONENTES.....	39
3.6.1 CROMATOGRAFIA GASOSA.....	39
3.6.2 CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA	42
3.7 OUTROS MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO.....	43
4 LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO	44
4.1 METODOLOGIA DO LEVANTAMENTO	44
4.2 RESULTADOS GERAIS.....	45
4.3 DISTRIBUIÇÃO DOS LABORATÓRIOS POR GRUPO DE MATRIZES ANALISADAS	48
4.3.1 MATRIZES ANALISADAS EM AMOSTRAS AMBIENTAIS	49
4.3.2 MATRIZES ANALISADAS EM AMOSTRAS BIOLÓGICAS HUMANAS	49
4.3.3 MATRIZES ANALISADAS EM PRODUTOS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANAS	49
4.3.4 MATRIZES ANALISADAS EM PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES	49
4.3.5 MATRIZES ANALISADAS EM MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS	50
4.4 DETALHAMENTO DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS	50

4.4.1	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS AMBIENTAIS	50
4.4.2	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS HUMANAS	57
4.4.3	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE PRODUTOS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANAS	58
4.4.4	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES	63
4.4.5	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DO GRUPO MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS.....	69
5	<u>LABORATÓRIOS DE REFERÊNCIA OFICIAIS.....</u>	78
5.1	REDE NACIONAL DE LABORATÓRIOS DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (RNLVISA)	78
5.2	LABORATÓRIOS FEDERAIS DE DEFESA AGROPECUÁRIA – LFDAs.....	80
6	<u>OUTROS LABORATÓRIOS</u>	81
7	<u>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</u>	83
	<u>REFERÊNCIAS.....</u>	86
	<u>APÊNDICE 1</u>	89
	<u>APÊNDICE 2</u>	97
	ANEXO 1	130
	ANEXO 2	131
	ANEXO 3	132

Lista de Figuras

FIGURA 1 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO, ATIVOS EM 20/04/2019.....	46
FIGURA 2 NÚMERO DE LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO, ATIVOS EM 20/04/2019, SEGUNDO CONJUNTO DE MATRIZES.	48
FIGURA 3 NÚMERO DE LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO, ATIVOS EM 20/04/2019, SEGUNDO TIPO DE MATRIZ AMBIENTAL.	51
FIGURA 4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO EM MATRIZES AMBIENTAIS, ATIVOS EM 20/04/2019.....	52
FIGURA 5 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO EM PRODUTOS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANAS, ATIVOS EM 20/04/2019.	59
FIGURA 6 DISTRIBUIÇÃO DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO, SEGUNDO TIPO DE MATRIZ RELACIONADA À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANAS.	60
FIGURA 7 DISTRIBUIÇÃO DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO, POR CONJUNTO DE PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES.....	63
FIGURA 8 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO EM PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES.	64
FIGURA 9 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO EM MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS.....	69
FIGURA 10 NÚMERO DE LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO POR CONJUNTO DE MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS.....	70

Lista de Tabelas

TABELA 1 MATRIZES A SEREM CONSIDERADAS PARA ANÁLISE DE MERCÚRIO, SEGUNDO AS DISPOSIÇÕES DA CONVENÇÃO DE MINAMATA SOBRE MERCÚRIO.	31
TABELA 2 MÉTODOS DISPONÍVEIS PARA A IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MERCÚRIO E SEUS RESPECTIVOS LIMITES DE DETECÇÃO.	34
TABELA 3 DISTRIBUIÇÃO DOS LABORATÓRIOS ACREDITADOS PELO INMETRO, SEGUNDO TIPO DE ATUAÇÃO.....	47
TABELA 4 DISTRIBUIÇÃO DAS TÉCNICAS DE ANÁLISE UTILIZADAS NOS LABORATÓRIOS ACREDITADOS PELO INMETRO, SEGUNDO GRUPOS DE MATRIZES ANALISADAS (%)*	48

Lista de Abreviaturas e Siglas

- AAS** - Espectrometria de Absorção Atômica
AFS - Espectrometria de Fluorescência Atômica
AM - Analisador magnético
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral do MCTIC
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNEN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear do MCTIC
CVAAS - Espectrometria de Absorção Atômica com Vapor Frio
CVAFS - Espectrometria de Fluorescência Atômica com Vapor Frio
Dialisato – Solução de diálise
FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz
GFAAS - Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite
HGAAS - Espectrometria de Absorção Atômica com Geração de Hidreto
ICP-MS - Espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente
ICP-OES - Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente
INAA - Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental
INCQS - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LACEN - Laboratórios Centrais de Saúde Pública do Ministério da Saúde
LD – Limite de Detecção
LQ – Limite de Quantificação
LDM - Laboratório de Determinação de Mercúrio do CNEN/MCTIC
LEMA - Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental, do CETEM/MCTIC
LFDA - Laboratório Federal de Defesa Agropecuária
MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MS – Ministério da Saúde
NAA - Análise por Ativação com Nêutrons
PAS - Espectrometria Fotoacústica
REBLAS - Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde da ANVISA
RNAA - Análise por Ativação com Nêutrons Radioquímica
RNLVISA - Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária da ANVISA
TOF - Tempo-de-voo (*time-of-flight*)
XRF - Fluorescência de Raio X

1 INTRODUÇÃO

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio (ONU, 2014) tem como objetivo proteger o meio ambiente e a saúde de emissões e liberações antrópicas de mercúrio. Para atingir este objetivo, há necessidade de informações estruturantes para cumprimento das diversas provisões da Convenção. Dentre estas informações, a rede laboratorial existente para monitoramento de mercúrio, em diferentes matrizes, é de primordial importância, tendo em vista a grande exposição ao mercúrio, principalmente em populações vulneráveis, necessidade de estimar perdas do metal para o ambiente, grande lacuna de informações no inventário, entre outros. Assim, este trabalho foi desenvolvido com vistas a atender a esta finalidade. Este trabalho teve como objetivo geral “realizar a avaliação da capacidade laboratorial nacional para mensuração de mercúrio em diferentes matrizes”. Os objetivos específicos fixados são: a) quantificar os laboratórios de referência existentes que trabalham com a mensuração de mercúrio; b) identificar as principais matrizes utilizadas pelos laboratórios; c) compreender os métodos utilizados.

A capacidade brasileira de análise de mercúrio foi verificada em relação às matrizes que devem ser consideradas para análise laboratorial de mercúrio, bem como os métodos analíticos utilizados, com vista ao atendimento da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, doravante denominada simplesmente Convenção. Desta forma, foram verificados todos os artigos e disposições da Convenção e respectivas matrizes necessárias de serem analisadas. Complementarmente, estão apresentadas outras matrizes necessárias de serem analisadas para atender às disposições legais e aquelas necessárias à verificação ou monitoramento da exposição da população a este metal e seus principais compostos de interesse.

Na verificação da infraestrutura existente foram considerados primeiramente todos os laboratórios certificados segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração¹, conforme listagem constante do site do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (www.inmetro.gov.br) na Internet, em 20 de abril de 2019. Esta norma

¹ <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=384244>

especifica os requisitos gerais para a competência, imparcialidade e operação consistente de laboratórios. Em seguida foram identificados também laboratórios de referência de entidades governamentais ou por elas indicados.

2 MATRIZES CONSIDERADAS NA INFRAESTRUTURA LABORATORIAL

2.1 Considerações Iniciais

O mercúrio pode estar presente na forma metálica (Hg^0), de seus compostos inorgânicos (Hg^1 e Hg^2) e ainda na forma orgânica, principalmente metilmercúrio e etilmercúrio. A gestão ambientalmente adequada do metal é de grande interesse devido à sua alta toxicidade (COUNTERA & BUCHANANB, 2004; BERNHOFT, 2012). Assim, foram consideradas análises laboratoriais em relação às diversas formas do mercúrio e também para determinação do mercúrio total.

A decisão quanto às diversas matrizes necessárias de serem analisadas no processo de atendimento às disposições da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, para verificação da infraestrutura laboratorial correspondente, nos remeteu inicialmente à sua presença na natureza e ao ciclo do mercúrio no ambiente, o processo de transporte e difusão e os compartimentos ambientais em que estaria presente, bem como no uso em produtos e processos e como componente de matérias-primas e combustíveis, em resíduos sólidos e líquidos e em emissões, em produtos de uso geral da população, em alimentos e na sua presença em humanos, vegetais e animais.

O levantamento feito para o inventário nacional de emissões e liberações de mercúrio mostrou que há carência de dados de conteúdo de mercúrio tanto em matérias primas naturais (minérios, calcário, combustíveis, etc.) como em resíduos, efluentes líquidos, emissões, materiais de uso na indústria, produtos e subprodutos. Portanto, a infraestrutura laboratorial deverá também atender demandas de inventários futuros, no sentido da melhoria da qualidade e quantidade de dados de conteúdo de mercúrio.

A legislação também fixa valores limites de conteúdo de mercúrio permitido não só em resíduos, efluentes líquidos e gasosos, produtos e subprodutos, como também em alimentos (pescados e frutos do mar em especial), produtos de uso da população (mamadeiras, brinquedos, cosméticos, etc.), embalagens, etc.

O mercúrio é tóxico para o ser humano, plantas e animais. Na questão dos efeitos a humanos, a verificação da intoxicação ou exposição a compostos de mercúrio pode ser feita pela sua presença, por exemplo, no sangue (exposição recente) e urina (exposição crônica) (COUNTERA & BUCHANANB, 2004; BERNHOFT, 2012; PARK & ZHENG, 2012).

Os efeitos adversos à saúde da exposição pelo mercúrio dependem da forma química (elementar, inorgânica ou orgânica), da via de exposição (inalação, ingestão ou absorção cutânea) e do nível de exposição. O vapor de mercúrio e o metilmercúrio são mais facilmente absorvidos do que os sais de mercúrio inorgânicos e, portanto, são mais tóxicos.

Na superfície terrestre o mercúrio está presente principalmente na forma metálica ou de seus sais. Devido à volatilidade do metal, a principal rota de sua disseminação no ambiente é a atmosférica e, pelo processo de transporte e difusão, pode então sofrer oxidação, deposição seca, deposição úmida e outros processos como metilação e bioacumulação em peixes e fotodegradação. Além disso, pode ocorrer o carreamento direto do mercúrio para corpos d'água e solo. Pela metilação tem-se a sua transformação em mercúrio orgânico e sua bioacumulação na cadeia alimentar, sendo esta a principal forma do mercúrio encontrada em peixes. Este processo é mediado por microorganismos, principalmente por bactérias redutoras de enxofre, tanto em condições aeróbicas como anaeróbicas (SELIN, 2009).

Alguns elementos em baixas concentrações são essenciais para o crescimento das plantas, enquanto outros, como o mercúrio, não tem nenhuma atividade biológica. Peixes de água salgada e de água doce, frutos do mar e vários outros organismos marinhos são fontes de exposição da população ao mercúrio.

Assim, as matrizes que necessitarão serem analisadas estão contidas nos seguintes três pilares:

- a) existência de limites na legislação e, portanto, deverão ser analisados para verificação de conformidade legal;
- b) ocorrência de efeitos aos humanos e ambiental e, assim, técnicas de mensuração deverão estar disponíveis para análise de indicadores de exposição;
- c) presença em materiais naturais, matérias primas, combustíveis, produtos e materiais cujos teores de mercúrio deverão estar disponíveis para suprir inventários de fontes, emissões e liberações de mercúrio, previstas na Convenção.

2.2 Matrizes Requeridas Segundo Legislação

A legislação, com vistas à capacidade laboratorial para atender aos requisitos da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, precisa ser considerada de uma forma ampla, não só aquela com finalidade ambiental. Assim, a regulação do mercúrio então deve ser vista nos regulamentos ambientais, regulamentos da agricultura, regulamentos da saúde e regulamentos de produtos de uso do consumidor.

A primeira e principal fonte de dados para a verificação de matrizes para atender o aspecto legislação foi o relatório do Instituto Avaliação contendo análise dos marcos regulatórios para a Convenção de Minamata sobre Mercúrio (INSTITUTO AVALIAÇÃO, 2017), complementada por pesquisa na Internet, cuja síntese está apresentada no Apêndice 1, que apresenta também limites permitidos de mercúrio, segundo legislação e normas. Deve-se ressaltar que os dados e informações levantadas a respeito de exigência de legislações e normas não devem ser considerados como esgotados. Para algumas matrizes não se conseguiu informações, mas as principais matrizes de interesse, ou seja, ambientais e de saúde, estão contempladas. Segundo essas fontes, as exigências atuais principais com respeito à legislação são:

2.2.1 Resoluções CONAMA

As resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA requerem que a análise de mercúrio seja feita nas seguintes matrizes: ar, água, solo contaminado, água de consumo humano, emissões, efluentes líquidos, resíduos sólidos.

Limites foram estabelecidos pelo **CONAMA**: efluentes de qualquer fonte lançados diretamente no corpo d'água; corpos de água doce, salobros e salinos e água subterrânea; solo e água subterrânea; lodo de ETE para uso agrícola.

As Resoluções CONAMA e outras legislações ou normas aplicáveis ao mercúrio, bem como os limites estabelecidos estão detalhados no Apêndice 1, por tipo de matriz a ser analisada, em ordem alfabética.

2.2.2 Legislação da área da saúde

Foram levantadas os produtos e materiais para os quais são feitas exigências pelo Ministério da Saúde (MS), em especial da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), os quais estão listadas a seguir:

- a) Substâncias de ação conservante permitidas para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes; medicamentos;
- b) Resíduos de serviços de saúde; resíduos sólidos nas áreas de portos, aeroportos, passagens de fronteiras e recintos alfandegados;
- c) Embalagens, revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos metálicos em contato com alimentos; materiais metálicos usados em embalagens revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos em contato com alimento; embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos; embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos;
- d) Materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos durante cocção ou aquecimento em forno (antraquinona; dióxido de silício; silicato ou mistura de silicatos de alumínio, cálcio e magnésio, incluindo caulim e talco, excluído asbestos; sulfato de cálcio; dióxido de titânio; amido natural e modificado; amido esterificado com ácido fosfórico; amido tratado com cloreto de 3-cloro-2-hidroxi-propil-trimetilamônia ou cloreto de glicidil trimetilamônia);
- e) Produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis; águas envasadas e gelo; corantes que entrem em contato com alimento; peixes, moluscos e crustáceos; organomercuriais de uso na agricultura (proibido), residuais em frutas, hortaliças e legumes;

- f) Água usada em hemodiálise; água do concentrado em polieletrólitos para hemodiálise.

As legislações ou normas e limites estão especificadas no Apêndice 1.

Regulamento Técnico Mercosul: estabeleceu limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos (peixes, moluscos e crustáceos); corantes em embalagens e equipamentos plásticos destinados a estar em contato com alimentos; materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos; materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos durante a cocção ou aquecimento em forno; normas de segurança em brinquedos.

2.2.3 Legislação da área da agricultura e pecuária

A Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, MAPA/SDA nº 24, de 20/06/2007, reconheceu os métodos analíticos da *United States Enviroment Protection Agency* - US.EPA, para determinação de metais pesados tóxicos em fertilizantes, corretivos agrícolas, condicionadores de solo e substratos para plantas;

A Portaria MAPA/SDA nº 06, de 29/04/1980 proibiu o registro de fungicidas contendo mercúrio; a Instrução Normativa MAPA nº 46 de 06/10/2011 estabeleceu o regulamento técnico de sistemas orgânicos de produção (estabelece o limite máximo de contaminação por mercúrio de 0,4 mg/kg em base seca, para o uso de compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não orgânicos).

2.2.4 Regulamentação do INMETRO

Portaria INMETRO nº 108, de 13/06/2005 estabelece que a biodisponibilidade diária de mercúrio resultante do uso dos brinquedos não deve exceder de 0,5 µg.

Portaria INMETRO nº 563, de 29/12/2016 estabelece que os brinquedos não podem ser fabricados com materiais e componentes contendo mercúrio metálico e determina o limite de migração máxima aceitável de 25 mg/kg de mercúrio para massa de modelar

e tinta para pintar com os dedos e 60 mg/kg de mercúrio para os demais materiais de brinquedos.

2.3 Matrizes Requeridas para Monitoramento da Exposição da População

Para a determinação da exposição da população recorreu-se a trabalhos publicados em periódicos científicos, a partir de revisões da literatura sobre o tema, que dão uma visão geral do que está sendo utilizado. Para sua busca foi considerada a plataforma Scopus, tendo sido adotados os termos, em conjunto, “mercury”, “effects” e “review”, fixando o período de 20 anos (1999 a 2019), e na área de medicina. Com esta busca obteve-se onze artigos, dos quais selecionamos três como os mais relevantes para este trabalho, são os trabalhos de Park & Zheng (2012), Passos & Mergler (2008) e Rice et al. (2014).

Para ter outro artigo específico da região amazônica adicionou-se o termo “Amazon” e foi feita então a pesquisa na *Google Scholar*. Selecionou-se o artigo de Hacon S. et al. (2008). Estes artigos se mostraram suficientes para os objetivos deste trabalho.

O trabalho de revisão literária feito por Hacon et al. (2008) analisou 455 publicações (teses, livros, artigos, etc.) do período 1990 – 2005. De um total de 326 artigos, 38% foram levantamentos sobre contaminação de compartimentos ambientais, seguidos de 31% de estudos relacionados à saúde. Os estudos em amostras de matrizes ambientais foram feitos em peixes amazônicos (39%), água (16%), sedimentos (15%), solo (14%), ar (9%), plantas (5%) e animais selvagens (2%). As análises de amostras biológicas humanas para verificar a exposição ao mercúrio utilizaram cabelo (60%), urina (19%), sangue (17%), leite materno (3%) e células do palato (1%). Cabelo e sangue foram utilizados para verificação da exposição a metilmercúrio via ingestão de peixe e urina primordialmente para verificar exposição ao mercúrio metálico.

A revisão literária feita por Park & Zheng (2012) sobre exposição humana e efeitos à saúde do mercúrio elementar e dos compostos de mercúrio inorgânicos mostrou que o mercúrio sanguíneo é um biomarcador útil após exposição de curto prazo e a níveis altos de mercúrio, enquanto o mercúrio urinário é o biomarcador ideal para exposição a longo prazo ao mercúrio tanto elementar quanto inorgânico, e também como um bom indicador da carga corporal.

O trabalho de revisão literária de Passos & Mergler (2008) versou sobre a exposição humana ao mercúrio e efeitos adversos à saúde, na Amazônia, mas basicamente sobre consumo de peixe e o cabelo como bioindicador de exposição.

O trabalho de Rice et al. (2014) aborda a fisiopatologia sistêmica de sistemas de órgãos individuais associados ao envenenamento por mercúrio. No que diz respeito aos indicadores de contaminação, sangue, urina e cabelo são os bioindicadores de exposição ao mercúrio mencionados.

Assim, as seguintes matrizes para monitoramento da exposição humana ao mercúrio podem ser consideradas como essenciais: fluidos biológicos (sangue, urina e eventualmente leite materno) e cabelo.

2.4 Matrizes Requeridas para Suporte à Convenção de Minamata sobre Mercúrio

A análise do texto da Convenção (ONU, 2014) foi feita com a finalidade de identificar as matrizes necessárias de serem analisadas, resultando no resumo apresentado na Tabela 1. Os resultados indicam a necessidade de análise laboratorial em emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos, matérias-primas, combustíveis, resíduos coprocessados, resíduos incinerados, materiais e produtos diversos (pilhas, baterias, comutadores e interruptores elétricos, antissépticos tópicos de uso veterinário). Solo, águas subterrâneas, águas superficiais e ar atmosférico necessitarão de análise laboratorial em relação à presença de mercúrio para fins de verificação de pontos de contaminação e riscos à saúde da população, bem como prover dados para inventários.

Alguns produtos nos quais o mercúrio deve deixar de ser utilizado, como lâmpadas, barômetros, higrômetros, manômetros, esfigmomanômetros e termômetros, eventualmente poderia ser necessária a confirmação por análise laboratorial.

Tabela 1 Matrizes a serem consideradas para análise de mercúrio, segundo as disposições da Convenção de Minamata sobre Mercúrio.

Material, Produto ou Processo	Artigo e/ou Anexo da Convenção de Minamata	Matriz a ser Considerada para Obtenção de Dados para Inventário
Produtos com mercúrio adicionado		
Pilhas e baterias	Art. 4, Anexo A	Pilhas e baterias
Comutadores e interruptores elétricos	Art. 4, Anexo A	Comutadores e interruptores elétricos
Lâmpadas	Art. 4, Anexo A	Lâmpadas
Cosméticos	Art. 4, Anexo A	Cosméticos
Pesticidas e biocidas	Art. 4, parágrafo 1, Anexo A	Pesticidas e biocidas
Antissépticos tópicos	Art. 4, parágrafo 1, Anexo A	Antissépticos tópicos
Instrumentos de medição	Art. 4, parágrafo 1, Anexo A	Barômetros, higrômetros, manômetros, termômetros e esfigmomanômetros
Restauração dentária com amálgama	Art. 4, parágrafo 3, Anexo A	Amálgama, emissões atmosféricas, resíduos e efluentes líquidos
Processos de manufatura nos quais mercúrio ou compostos de mercúrio são utilizados		
Produção de cloro-álcalis	Artigo 5, parágrafo 2, Anexo B	Emissões atmosféricas, resíduos e efluentes líquidos
Produção de acetaldeído com catalisadores de mercúrio ou seus compostos	Artigo 5, parágrafo 2, Anexo B	Não há produção no Brasil
Produção de monômeros de cloreto de vinila	Artigo 5, parágrafo 3, Anexo B	Não há produção no Brasil
Produção de metilato ou etilato de sódio ou potássio	Artigo 5, parágrafo 3, Anexo B	Não há produção no Brasil
Produção de poliuretano usando catalisadores contendo mercúrio	Artigo 5, parágrafo 3, Anexo B	Não há produção no Brasil
Mineração de ouro artesanal e em pequena escala		
Mineração com uso de amalgamação com mercúrio	Artigo 7	Emissões atmosféricas, resíduos, efluentes líquidos
Emissões		
Usinas termelétricas e caldeiras movidas a carvão mineral	Artigo 8, Anexo D	Carvão mineral, emissões atmosféricas, resíduos, efluentes líquidos
Processos de fundição e ustulação de metais não ferrosos (Pb, Zn, Cu e Au)	Artigo 8, Anexo D	Minérios, emissões atmosféricas, resíduos, efluentes líquidos
Incineradores de resíduos	Artigo 8, Anexo D	Resíduos incinerados, emissões atmosféricas, resíduos gerados, efluentes líquidos
Produção de cimento (clínquer)	Artigo 8, Anexo D	Matérias-primas, combustíveis, resíduos coprocessados, emissões atmosféricas, resíduos, efluentes líquidos
Liberações		
Sistemas de coleta e tratamento de águas residuais	Artigo 9	Efluentes líquidos e resíduos, incluindo lodo
Disposição de resíduos	Artigo 9	Resíduo disposto, efluentes líquidos e emissões atmosféricas
Resíduos de mercúrio		
Reciclagem de mercúrio	Artigo 11	Resíduos processados, produtos gerados, resíduos gerados, emissões e efluentes líquidos
Áreas contaminadas		
Identificação e avaliação de áreas contaminadas	Artigo 12	Solo, águas subterrâneas, águas superficiais, ar atmosférico

2.5 Conjunto de Matrizes a Serem Analisadas

Considerando os três pilares descritos acima (legislação, monitoramento da exposição da população e Convenção de Minamata sobre Mercúrio), as matrizes foram distribuídas em cinco grupos de amostras para análise de mercúrio: a) Amostras ambientais; b) Amostras biológicas humanas; c) Produtos relacionados à saúde e segurança humanas; d) Produtos de consumo e similares; e) Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.

Nas **amostras ambientais** estão inseridas as matrizes água, resíduos sólidos, resíduo líquido, emissões, sedimento, solo, plantas, ar atmosférico e amostras biológicas (peixes, moluscos, tecido vegetal).

Nas **amostras biológicas humanas** estão considerados cabelo, sangue, urina e leite materno, enquanto em **produtos relacionados à saúde e segurança humanas** estão considerados equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos, implantes mamários, produtos farmacêuticos e materiais diversos (luvas, máscaras, próteses, etc.). Em **produtos de consumo e similares** estão considerados alimentos e bebidas, artigos escolares, brinquedos, calçados e afins, embalagens e outros produtos de uso infantil.

Em **máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais**, pode-se considerar eletrodomésticos, equipamento de medição e controle, produtos metálicos, produtos têxteis, celulose e papel, couro, produtos de borracha e plásticos, pigmentos e corantes, tintas, cimento e fertilizantes.

3 MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO

Conforme já mencionado, diferentes espécies de mercúrio são encontradas no ambiente, sendo sua distribuição regulada por processos físicos, químicos e biológicos. Independente do processo envolvido, o mercúrio pode estar presente na forma inorgânica ou orgânica. Na forma inorgânica o mercúrio pode ser encontrado em três estados de oxidação: mercúrio elementar (Hg^0), íon mercurioso (Hg_2^{2+}) e íon mercúrico (Hg^{2+}), sendo o íon mercurioso pouco estável em sistemas naturais. Na forma orgânica, o íon mercúrico pode se ligar a diferentes radicais e ligantes orgânicos naturais, sendo

as espécies mais comuns o metilmercúrio (CH_3Hg^+) e o dimetilmercúrio ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$), ambas tóxicas. (MICARONI et al., 2000)

A maioria dos métodos empregados na análise de mercúrio envolvem a determinação de mercúrio total em vez da especiação² das suas diferentes formas. Entretanto, é importante quantificar o metilmercúrio devido a sua toxicidade (SUVARAPU et al., 2013). Em geral, métodos de especiação de mercúrio utilizam etapas de preparo que identificam grupos com comportamento físico ou químico similares. A maioria desses métodos baseia-se em extração com solvente, redução diferencial, adsorção/dessorção, complexação, cromatografia gasosa ou líquida. Após as etapas de separação das espécies de interesse, são empregadas técnicas instrumentais para determinação de mercúrio. (MICARONI et al., 2000)

A determinação de mercúrio, em geral em baixas concentrações da espécie de interesse nas amostras, demanda técnicas analíticas altamente sensíveis e seletivas. Os limites de detecção³ obtidos nas diferentes técnicas de quantificação disponíveis dependem de todas as etapas do processo analítico, como a coleta e preparo da amostra. Assim, além da técnica analítica utilizada, o processo envolve cuidados com interferentes e com contaminação na fase de amostragem, preparo e análise. Em geral, as etapas para determinação de mercúrio envolvem: coleta da amostra; pré-tratamento, preservação e estocagem; liberação do mercúrio da matriz; extração, purificação e pré-concentração; separação das espécies de mercúrio de interesse e quantificação (MICARONI et al., 2000; LEOPOLD et al., 2010). A Tabela 2 apresenta os métodos analíticos disponíveis para identificação e quantificação de mercúrio e seus respectivos limites de detecção.

² De acordo com a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), a análise de especiação representa a identificação e/ou mensuração de quantidades de uma ou mais espécies químicas na amostra (LEOPOLD et al., 2010).

³ Limite de Detecção: É a menor concentração ou massa do analito que pode ser detectada na amostra, com razoável certeza, pelo procedimento analítico utilizado.

Tabela 2 Métodos disponíveis para a identificação e quantificação de mercúrio e seus respectivos limites de detecção.

Método de detecção	Limite de Detecção Relatado	
	Valor	Unidade
Colorimétrico	0,01-0,1	µg/g
Espectrometria de Absorção Atômica (AAS)		
Forno de grafite (GFAAS)	1	ng/g
Vapor frio (CVAAS)	0,01-1	ng/g
Geração de hidreto (HGAAS)*	0,5	µg/L
Espectrometria de Fluorescência Atômica (AFS)		
Vapor frio (CVAFS)	0,001-0,01	ng/g
Análise por Ativação com Nêutrons (NAA)		
Instrumental (INAA)	1-10	ng/g
Radioquímica (RNAA)	0,01-1	ng/g
Cromatografia Gasosa		
Detector de captura eletrônica	0,01-0,05	ng/g
Detector de emissão atômica C11	~ 0,05	ng/g
Espectrometria de massa	0,1	ng/g
CVAAS / CVAFS	0,01-0,05	ng/g
Cromatografia Líquida de Alta Eficiência		
Detector de ultravioleta	1	ng/mL
CVAAS	0,5	ng/mL
CVAFS	0,08	ng/mL
Eletroquímico	0,1-1	ng/mL
Plasma Acoplado Indutivamente		
Espectrometria de Massa (ICP-MS)	0,01	ng/mL
Espectrometria de Emissão Atômica (ICP-OES)	2	ng/mL
Espectrometria Fotoacústica (PAS)	0,05	ng
Fluorescência de Raio X (XRF)	5-1	ng/g - µg/g
Métodos Eletroquímicos	0,1-1	µg/g
Analisador de Filme de Ouro	0,05	µg/g

Fonte: MICARONI et al., 2000 e *APOSTOLI et al., 2002.

Trabalhos de revisão realizados por Suvarapu e colaboradores (2013; 2015; 2017) mostraram que as técnicas espectrométricas são amplamente utilizadas para determinação de mercúrio, principalmente as técnicas de espectrometria de absorção atômica (AAS), espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) e espectrometria de fluorescência atômica (AFS).

Entre esses métodos, os menores limites de detecção são obtidos na espectrometria de fluorescência atômica de vapor frio (CVAFS) e espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) (SUVARAPU et al., 2017). Técnicas eletroquímicas e cromatográficas (cromatografia gasosa e cromatografia de alta eficiência) também têm sido empregadas (LEOPOLD et al., 2010; SUVARAPU et al., 2013; SUVARAPU et al., 2015).

A seguir são descritas as características básicas das técnicas analíticas que têm sido utilizadas para análise de mercúrio.

3.1 Espectrometria de Absorção Atômica (AAS)

O primeiro estágio de todo procedimento espectrométrico é a atomização, que converte a espécie de interesse, normalmente na fase líquida, em átomos ou íons monoatômicos, em fase gasosa. Diferentes métodos são empregados na atomização de amostras. Os plasmas indutivamente acoplados, as chamas e os atomizadores eletrotérmicos (forno de grafite, por exemplo) são métodos de atomização amplamente utilizados. Estes dois últimos são empregados na AAS (*Atomic Absorption Spectrometry* - Espectrometria de Absorção Atômica). (SKOOG et al., 2014)

O princípio da AAS está baseado na absorção de energia, na forma de radiação eletromagnética, por átomos que se encontram em fase gasosa e no estado fundamental (baixa energia). Quando uma radiação de um comprimento de onda apropriado⁴, no caso do mercúrio 253 nm, atinge os átomos no estado fundamental, parte da radiação é absorvida por esses átomos promovendo-os ao estado excitado, ou seja, o átomo com excesso de energia (Equação 1).

Após segundos, os átomos no estado excitado transferem o excesso de energia para outros átomos ou moléculas do meio, voltando ao seu estado fundamental. Assim, a detecção do elemento de interesse está baseada na variação do sinal de absorção de energia. (MICARONI et al., 2000; SKOOG et al., 2014)



⁴O comprimento de onda necessário para excitação do átomo é específico de cada espécie atômica. Isto porque as energias dos fótons que poderão ser absorvidos são específicas para cada espécie atômica. (SKOOG et al., 2014)

Onde:

M: átomo no estado fundamental;

M*: átomo no estado excitado;

A energia (Eq. 1) é a radiação de comprimento de onda específica para a espécie de interesse, no caso do mercúrio corresponde ao comprimento de onda de 253 nm, como já mencionado.

O método de absorção convencional, utilizando chama, é simples, mas é pouco sensível para detecção de mercúrio. Além disto, interferentes como cobalto podem comprometer os resultados. O mercúrio elementar, devido à sua volatilidade, pode ser determinado sem a utilização da chama. Neste caso, os íons do metal são reduzidos à forma elementar, na etapa de preparo da amostra, e são carregados por um gás até o caminho óptico, onde os átomos de mercúrio interagem com a radiação específica. Por não utilizar chama, este método é denominado espectrometria de absorção atômica de vapor frio (CVAAS). (MICARONI et al., 2000)

Este método é amplamente utilizado para análise de mercúrio. A geração do vapor atômico também pode ser feita pela geração de hidretos (HG, do inglês *Hydride Generation*), também utilizada para análise de mercúrio, sendo esta técnica, quando utilizada em conjunto com a AAS, denominada de espectrometria de absorção atômica com geração de hidretos (HGAAS).

3.2 Espectrometria de Fluorescência Atômica (AFS)

O princípio da espectrometria de fluorescência atômica (AFS) consiste na detecção do sinal de fluorescência emitido pelo mercúrio após absorção de energia na forma de radiação eletromagnética com comprimento de onda de 253 nm. O mercúrio absorve e emite radiação no mesmo comprimento de onda, por isso é considerado um bom elemento para aplicação da fluorescência (MICARONI et al., 2000; SKOOG et al., 2014).

Em geral, utiliza-se o vapor a frio para atomização da amostra (CVAFS), sendo esse método mais sensível para detecção de mercúrio do que o CVAAS, pois a detecção da energia emitida pelo mercúrio é feita perpendicularmente ao feixe de luz incidente

medido em relação ao sinal de valor zero, e não como a variação de sinal intenso como ocorre na CVAAS. (MICARONI et al., 2000)

3.3 Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)

A espectrometria com plasma indutivamente acoplado (ICP) é normalmente utilizada com detectores de emissão atômica (ICP-OES)⁵ e de massa atômica (ICP-MS) para análises multielementares. O ICP, utilizado para atomização da amostra, é gerado com a aplicação de rádio frequência (RF), entre 700 a 1.500 W, em uma bobina de carga e uma corrente alternada que oscila internamente na bobina a uma taxa correspondendo a frequência do gerador de RF (entre 27 e 40 MHz). O plasma apresenta uma temperatura entre 6.000 a 8.000 K sustentada por gás argônio, onde a amostra é vaporizada e o elemento de interesse é liberado como um átomo livre no estado gasoso que por sua vez é ionizado. (HOU et al., 2006; SATO e KAWASHITA, 2002)

A detecção e quantificação por ICP-OES estão baseadas na emissão espontânea de energia de átomos e íons que receberam energia no processo de atomização, e passaram do estado fundamental para o estado excitado. O comprimento de onda característico emitido pelos átomos ou íons no estado excitado é utilizado para identificação do elemento, enquanto a intensidade dessa energia emitida é proporcional a concentração do elemento na amostra. (HOU et al., 2006)

Na técnica ICP-MS, os íons produzidos no ICP são transportados para o espectrômetro de massa, atingindo o analisador de massas do elemento, que pode ser uma versão mais simples de resolução de massa como quadrupolo ou por tempo-de-voo (TOF - “time-of-flight”) ou com maior resolução de massas, como analisador estático (ESA) ou analisador magnético (AM). (SATO e KAWASHITA, 2002)

Entre as técnicas de espectrometria descritas destaca-se a CVAFS e ICPMS devido a alta sensibilidade em relação a seus baixos limites de detecção. A técnica de atomização por ICP tem a vantagem de reduzir interferências químicas por causa do plasma de argônio

⁵ O termo ICP-AES (*inductively coupled plasma atomic emission spectrometry*) também é utilizado, porém é recomendado o uso do termo ICP-OES (*Inductively coupled plasma optical emission spectrometry*) para evitar confusão com o termo *Auger electron spectroscopy* (AES) (HOU et al., 2006).

que é inerte. As técnicas de AFS e AAS fornecem a sensibilidade razoável e são mais baratas em comparação aos instrumentos de ICP. Em geral, a qualidade dos resultados produzidos pode ser controlada com uso de materiais de referência padrão. (SUVARAPU et al., 2017)

Existem outros aspectos a se considerar na determinação do mercúrio. Quando amostras sólidas são utilizadas existe o problema de distribuição heterogênea de mercúrio; a natureza altamente volátil desse elemento e seus compostos causa a perda de algum conteúdo durante a amostragem; também é necessário minimizar a contaminação por mercúrio de outras fontes durante a amostragem e de reagentes de laboratório. (SUVARAPU et al., 2013)

3.4 Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental (INAA)

O método de INAA consiste na irradiação da amostra com fluxo de nêutrons em um reator nuclear. A reação nuclear entre o nêutron irradiado e a amostra produz isótopos radioativos da espécie de interesse, ou seja, radionuclídeos instáveis que emitem radiação eletromagnética no processo de decaimento. A radiação gama emitida pelos radionuclídeos é a faixa do espectro de radiação eletromagnética de especial interesse para a detecção de espécies químicas específicas no método de INAA. A radiação gama é utilizada para a determinação de mercúrio e outros metais, pois esse tipo de energia emitida pelos radionuclídeos é diferente para cada elemento químico. (POLLI et al., 2006)

A ativação com nêutrons dos átomos de mercúrio no estado fundamental produz cinco radionuclídeos, porém apenas os isótopos ^{197}Hg e ^{203}Hg são utilizados para a determinação e quantificação do mercúrio total (MICARONI et al., 2000). Para análises quantitativas, é mais vantajosa a escolha do isótopo ^{197}Hg , pois apresenta maior intensidade em relação ao isótopo ^{203}Hg , porém em amostras ambientais, pode-se encontrar interferência do ^{64}Cu produzindo alta radiação de fundo nas análises do ^{197}Hg . (GONÇALVES e FÁVARO, 1997)

As vantagens da utilização da INAA é a excelente sensibilidade e, por isso, pequenas quantidades de amostras são necessárias para análise, sendo suficiente poucos miligramas. Podem ser utilizadas amostras sólidas, líquidas, suspensões, pastas ou

gases, pois a reação nuclear é independente do estado físico da amostra (POLLI et al., 2006). A principal desvantagem da INAA comparada aos demais métodos utilizados para análise de mercúrio é custo elevado. (MICARONI et al., 2000)

3.5 Análise por Ativação com Nêutrons Radioquímica (RNAA)

O princípio do método de RNAA é a reação nuclear da amostra com fluxo de nêutrons para formação, detecção e quantificação de radionuclídeos como indicadores da espécie de interesse, assim como ocorre na INAA. A diferença entre esses dois métodos é que na RNAA ocorre uma etapa de separação dos radionuclídeos durante o processo de decaimento destas espécies químicas, e tem como objetivo reduzir ou eliminar a interferência de radionuclídeos indesejados na análise. Portanto, a RNAA é aplicada para concentrações abaixo do limite de detecção da INAA. (HEYDORN, 2006)

Assim como a INAA, a RNAA é um método não destrutivo da amostra, ou seja, não há tratamento químico, preservando a integridade física da amostra, que poderá ser alterada pela radiação ou de radionuclídeos de meia-vida longa na análise (GONÇALVES e FÁVARO, 1997). RNAA conserva as vantagens da INAA, sendo um método superior em relação a precisão e sensibilidade, mas tem como desvantagem de custo mais elevado das análises comparado a INAA (HEYDORN, 2006).

3.6 Sistemas com separação de componentes

3.6.1 Cromatografia Gasosa

A cromatografia gasosa é um método utilizado para a separação, identificação e determinação dos componentes de uma amostra vaporizada em um sistema de injeção (SKOOG et al., 2014). Para desempenho adequado da GC (*Gas Chromatography*), a maioria das espécies de mercúrio, como Hg^{2+} , CH_3Hg^+ , precisa ser derivatizada para se tornar volátil e termicamente estável. O uso de tratamento com reagentes específicos é um processo comum chamado de derivatização (QVARNSTRÖM, 2003; URIA e SANZ-MEDEL, 1998).

A separação dos compostos da amostra está baseada na interação entre uma fase móvel gasosa e uma fase estacionária líquida ou sólida mantida em uma coluna cromatográfica

que varia de 2 m a 60 m. Esta coluna tem formato de bobina para ser inserida em um forno para termostatização. A fase móvel é denominada de gás de arraste e deve ser inerte, sendo o gás hélio mais comum. Esse gás tem a função de transportar a amostra vaporizada através da coluna cromatográfica. (SKOOG et al., 2014).

Os componentes separados na amostra passam por detector posicionado no final da coluna durante a eluição e o sinal dos componentes são registrados em função do tempo, em um gráfico denominado cromatograma para análise qualitativa e quantitativa dos compostos separados (SKOOG et al., 2014). Diversos detectores são empregados em cromatografia gasosa. Para análise de mercúrio os mais utilizados são: detector por captura de eletrônica, detector de emissão atômica, espectrometria de massa, CVAAS e CVAFS (MICARONI, 2000), descritos a seguir.

Detector de Captura Eletrônica

O detector de captura de elétrons (ECD - *Electron Capture Detector*) é aplicado para determinação de compostos organomercuriais, como metilmercúrio (CH_3Hg) e etilmercúrio ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Hg}$). ECD não é um detector seletivo para espécies de mercúrio, mas para moléculas orgânicas contendo grupos eletronegativos, como pesticidas e bifenilas policloradas que contém cloro. As espécies de mercúrio, em geral, são derivatizadas com um tratamento químico para formar derivados de halogênios antes da detecção no ECD. (QVARNSTRÖM, 2003)

Neste detector, os componentes eluídos da coluna cromatográfica passam por uma fonte radioativa emissora de elétrons, geralmente de níquel-63. Os elétrons emissores causam a ionização do gás de arraste. Na ausência de espécies orgânicas, se produz uma corrente constante entre um par de eletrodos em função desse processo de ionização. A presença de espécies contendo halogênios reduz a corrente elétrica significativamente, pois os grupos eletronegativos tendem a capturar os elétrons do gás de arraste. (SKOOG et al., 2014)

Detector de Emissão Atômica

A combinação de GC com detecção de emissão atômica (AED - *Detection of Atomic Emission*) é aplicada para identificação e determinação de espécies organomercuriais. É considerada uma das melhores técnicas para quantificação de espécies de mercúrio que

foram derivatizadas. (PEREIRO e DÍAZ, 2002; QVARNSTRÖM, 2003; QUIMBY e SULLIVAN, 1990)

O detector de emissão atômica consiste em uma fonte de plasma, geralmente com uso de gás hélio, e um espectrômetro ótico que faz a mensuração da emissão atômica das espécies eluídas da coluna cromatográfica. A fonte de plasma mais utilizada é de microondas de plasma induzido (MIP-AED), em função do relativo baixo custo, baixo consumo de energia e fácil uso. (PEREIRO e DÍAZ, 2002; QUIMBY e SULLIVAN, 1990)

O princípio de funcionamento da detecção por emissão atômica ocorre da mesma forma como foi descrito anteriormente nos métodos de espectrometria atômica.

Espectrometria de Massa

Detector de Espectrometria de Massa (MS – *Mass Spectrometer*) é uma tecnologia utilizada em combinação com GC para especificação de compostos organomercuriais, assim como ECD e AED. Também exige a derivatização das espécies de mercúrio, além de etapa de extração, como a microextração em fase sólida (SPME), e concentração da amostra. (SOARES, 2012)

Após a passagem por uma coluna cromatográfica, os componentes separados da amostra são enviados para uma câmara de ionização, onde ocorre a fragmentação das moléculas eluídas. Em geral, a ionização é realizada por impacto de elétrons ou ionização química. Os íons formados são enviados ao espectrômetro de massas, onde são separados conforme sua razão massa/carga (m/z), pela aplicação de um campo magnético ou elétrico. Nessa etapa ocorre a identificação dos componentes com um espectro de massas que contem abundâncias relativas de cada íon característico dos compostos separados. (SOARES, 2012)

Detector híbrido CVAAS/CVAFS

O desenvolvimento de sistemas híbridos e sistemas on-line em fluxo com ênfase em tecnologias que combinam separações cromatográficas e detecção por métodos espectrométricos tem aumentado a sensibilidade de determinações de espécies de mercúrio e melhorado a capacidade de especificação, como GC CV AAS / CV AFS. A desvantagem dessas técnicas é o alto custo comparada ao GC-ECD por exemplo. (OPS/OMS, 2011)

3.6.2 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

A Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC - *High Performance Liquid Chromatography*) é utilizada para separação e especificação das espécies de mercúrio com alta eficiência comparada as técnicas de GC e Eletroforese Capilar (CE – *Capillary Electrophoresis*). Nesse tipo de análise a amostra está na forma de uma mistura líquida, e não existe necessidade da derivatização das espécies de mercúrio. (ZHU et al., 2017)

O princípio de funcionamento de um HPLC ocorre pela interação entre fase móvel (solvente líquido) e fase estacionária (líquida ou sólida) sob pressão de bombeamento na coluna cromatográfica de pelo menos 6.000 psi, devido a utilização de materiais de empacotamento da coluna com diâmetros de partículas entre 3 a 10 µm. (SKOOG et al., 2014)

A identificação e quantificação das componentes eluídas da coluna cromatográfica são realizadas com diferentes possibilidades de detectores acoplados ao HPLC, para as espécies de mercúrio os mais utilizados são detector de ultravioleta, CV AAS, CV AFS e eletroquímico (MICARONI 2000; LEOPOLD et al., 2010), descritos a seguir.

Detector de Ultravioleta

Detector de ultravioleta (UV) utiliza lâmpada com emissão intensa de raios ultravioleta para a detecção de componentes que absorvem na faixa de comprimento de onda do UV (HARRIS, 2012). Para os compostos de mercúrio os detectores de UV não são seletivos, a sensibilidade é baixa e concentrações traços em amostras precisam de pré-concentração (QVARNSTRÖM, 2003).

Detector CVAAS

Para utilização do detector de CVAAS em combinação com um HPLC é necessária a redução dos componentes eluídos, e a separação gás-líquido desses componentes. Os componentes eluídos da coluna cromatográfica são misturados a agentes redutores, como borohidreto de sódio NaBH_4 , para formar espécies de mercúrio voláteis. Um sistema de separação gás-líquido é utilizado para purgar o gás do líquido e enviá-lo ao detector de CVAAS (QVARNSTRÖM, 2003). No detector CVAAS, o princípio de funcionamento ocorre como descrito anteriormente nas técnicas de espectrometria.

Detector CVAFS

No detector de CVAFS (*Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrometry*), os componentes separados na coluna cromatográfica do HPLC são submetidos a fluxo constante de reagentes específicos, como cloreto de estanho SnCl_2 , para tornar as espécies de mercúrio voláteis para detecção no CVAFS. No detector CV AFS, o princípio de funcionamento ocorre como descrito anteriormente nas técnicas de espectrometria.

Detector Eletroquímico

O uso de um detector eletroquímico combinado ao HPLC é específico para compostos que podem ser oxidados ou reduzidos, tais como espécies organomercuriais. Os componentes eluídos da coluna cromatográfica são reduzidos no eletrodo de trabalho. Em outro eletrodo, de referência, o potencial é mantido em um valor predeterminado, e a corrente é medida entre o eletrodo de trabalho e o contraeletrodo de aço inoxidável. Essa corrente é proporcional a concentração do componente eluído da coluna cromatografia em relação tempo. (HARRIS, 2012)

3.7 Outros métodos para determinação de mercúrio

Os métodos de espectrometria fotoacústica, fluorescência de raio X, métodos eletroquímicos e analisador de filme de ouro podem ser utilizados para a determinação de espécies de mercúrio (MICARONI, 2000); entretanto os métodos tradicionais para análise desses componentes são os espectrométricos, e os de especiação são os métodos cromatográficos (OPS/OMS, 2011).

Há um método de análise direta de mercúrio total com base na espectrometria de absorção atômica com decomposição térmica/amalgamação. Nesse processo a amostra pode ser sólida, líquida ou gasosa, e o tratamento por procedimentos de secagem e combustão. A amostra, previamente pesada e seca, é térmica e quimicamente decomposta em um forno com fluxo de oxigênio. Os produtos da decomposição são enviados para um amalgamador que retém seletivamente o mercúrio. O forno de amálgama é aquecido e o mercúrio é rapidamente liberado. O fluxo de oxigênio arrasta o vapor de mercúrio através das duas células de absorção, sendo enviado para múltiplas células de medição posicionadas ao longo do caminho óptico do espectrofotômetro e quantitativamente medido por absorção atômica. (OPS/OMS, 2011; TORRES, 2013)

4 LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO

4.1 Metodologia do Levantamento

Para obtenção dos laboratórios certificados segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, consultou-se a base de dados do INMETRO⁶, restringindo-se a busca utilizando a palavra “mercúrio” no campo “Palavra a ser procurada” e “Brasil” no campo “País”. Outros campos não foram selecionados, de forma a obter uma listagem completa. Obtida a listagem daqueles que realizam análise de mercúrio, os dados foram planilhados, detalhando, para cada laboratório, as matrizes com acreditação para análise de mercúrio, enquadrando-as nos cinco grupos de matrizes estabelecidos. Cada laboratório recebe do INMETRO um nº de acreditação (CRL). Para tanto, consultava-se esta ficha de escopo da acreditação (vide exemplo no Anexo 1), onde obteve-se o método utilizado para a análise e o respectivo Limite de Quantificação (LQ) do método⁷.

Os LQs apresentam variação de acordo com o laboratório e técnica analítica utilizada, lembrando que o limite depende também de outras variáveis não contempladas nesta avaliação, como o método de preparo da amostra.

Várias consultas foram realizadas no site do INMETRO na Internet e observou-se que o número de laboratórios certificados e sua condição poderia mudar. Assim, fixou-se a data de 20 de abril de 2019 como base para os resultados apresentados.

Contatos telefônicos foram realizados para 26 laboratórios (21%) para confirmação da informação constante do escopo da acreditação. Foram realizadas também consultas aos sites dos laboratórios para verificar se realizavam prestação de serviço ou se era para autocontrole ou monitoramento. Estas consultas confirmaram as informações constantes do escopo e, portanto, considerou-se não necessário a consulta à totalidade dos laboratórios.

⁶ <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/>

⁷ Limite de Quantificação: é a menor concentração ou massa do analito que pode ser quantificada na amostra, com razoável certeza, pelo procedimento analítico utilizado.

Para cada laboratório foi feita a ficha-resumo, conforme modelo no Anexo 2. Apesar de constar nesta ficha-resumo pergunta sobre a capacidade de análise por matriz, contatos telefônicos realizados demonstraram que há dificuldade por parte dos laboratórios em estimar sua capacidade. Assim não foi possível obter esta informação. Entretanto, as informações obtidas apontam para uma capacidade que dependerá principalmente da demanda. No caso de laboratórios de órgãos ambientais e outras instituições públicas, verificou-se ainda que a capacidade de análise depende mais dos recursos humanos disponíveis, do que da capacidade do instrumento analítico, sendo o preparo da amostra um fator limitante importante.

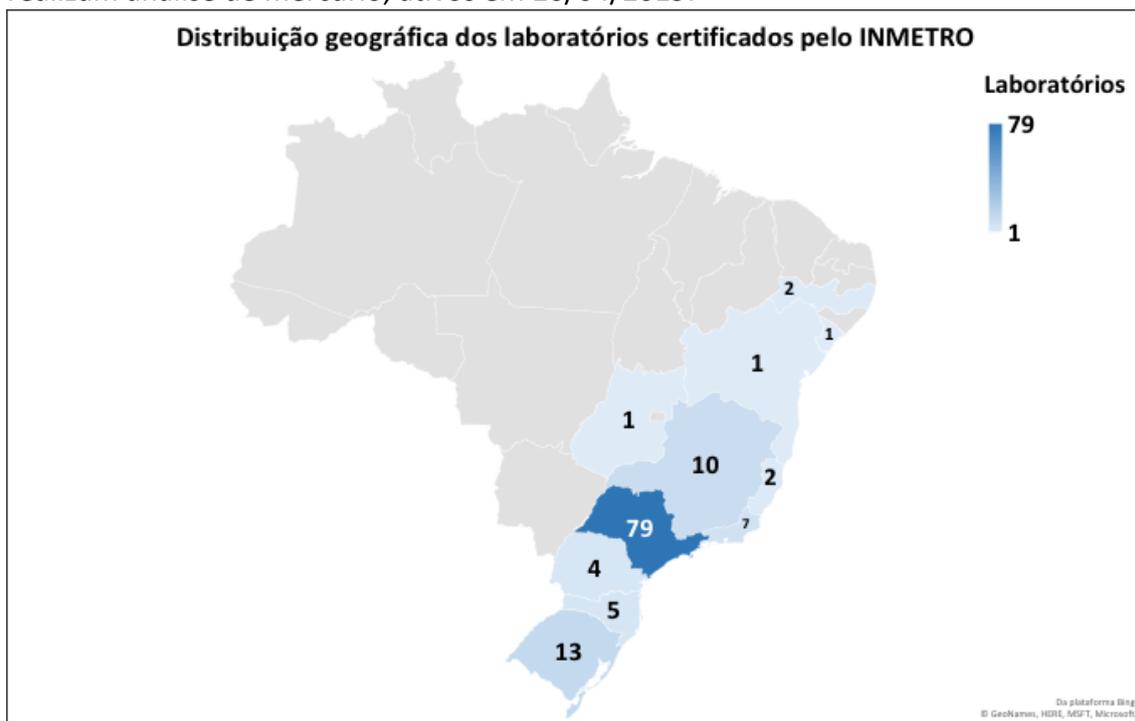
4.2 Resultados Gerais

A última pesquisa no site do INMETRO, realizada no dia 20 de abril de 2019, resultou em 142 laboratórios, sendo que, destes, 13 não faziam análise de mercúrio, 3 estavam suspensos, no que se refere a análises de mercúrio, e 1 encontrava-se em suspensão total. Desta forma, foram considerados os 125 laboratórios ativos em 20/04/2019 que realizavam análise de mercúrio.

A distribuição geográfica dos laboratórios ativos, que fazem análise de mercúrio no Brasil, está apresentada na Figura 1.

Dos 125 laboratórios ativos, 98 (78,4%) encontram-se na região Sudeste, sendo 79 no estado de São Paulo, 10 em Minas Gerais, 7 no Rio de Janeiro e 2 no Espírito Santo. A região Sul possui 22 laboratórios (17,6%), sendo 13 no Rio Grande do Sul, 5 em Santa Catarina e 4 no Paraná. A região Nordeste conta com 4 laboratórios (3,2%), sendo 2 em Pernambuco, 1 na Bahia e 1 em Sergipe. A região Centro-Oeste possui 1 laboratório, em Goiás, e a região Norte não possui laboratório certificado ativo. Desta forma, verifica-se que há uma distribuição desigual no país de laboratórios certificados que fazem análise de mercúrio, com carência principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Figura 1 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio, ativos em 20/04/2019.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Deve-se ressaltar que, dentre estes laboratórios, a maioria realiza prestação de serviço para terceiros. A Tabela 3 apresenta a distribuição dos laboratórios acreditados pelo INMETRO, segundo tipo de atuação. Os laboratórios comerciais são a maioria (71,2%) e tipicamente são prestadores de serviço para terceiros; os de instituição de ensino e pesquisa têm participação de (10,4%) e também podem realizar prestação de serviço para terceiros; os órgãos ambientais e empresas de saneamento participam com (10,4%) e possuem como prioridade o autocontrole e monitoramento, mas eventualmente podem realizar prestação de serviço para terceiros; os de empresas participam com 4,8% e são tipicamente destinados a autocontrole de seus produtos e materiais. Por último, os LFDAS são dedicados ao monitoramento oficial de produtos agropecuários e tem a menor participação (3,2%).

Tabela 3 Distribuição dos laboratórios acreditados pelo INMETRO, segundo tipo de atuação.

Tipo de Laboratório	Quantidade	Participação (%)
Comercial	89	71,2
Instituição de ensino e pesquisa	13	10,4
Órgão ambiental e outras instituições públicas	13	10,4
Empresa	6	4,8
Laboratório de Defesa Agropecuária - LFDA	4	3,2
Total	125	100,0

Conforme apresentado na Tabela 4, as duas técnicas mais frequentemente utilizadas nos laboratórios são AAS e ICP-OES, considerando todas as variações em ambas. Destaque-se o uso de vapor frio na absorção atômica (CVAAS). Espectrometria por fluorescência atômica (AFS), com todas suas variações, que tem melhor sensibilidade, tem pequena participação. ICP-MS, que possibilita a especiação, também tem pequena participação. A técnica de fluorescência de raios x (XRF) não é utilizada em amostras ambientais e nem em amostras biológicas humanas, mas tem boa participação no grupo de matrizes “Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais”, onde chega a representar 25,7%.

A técnica ICP-OES é menos sensível do que AAS, mas em geral, com raras exceções, os Limites de Quantificação (LQs) dessa técnica atendem aos limites legais estabelecidos e valores de referência utilizados para as matrizes apresentadas. Os Limites de Quantificação (LQs) variam de acordo com a matriz, técnica utilizada e metodologia de preparo da amostra. O relatório apresenta, em seu Apêndice 2, os LQs para cada matriz e para cada laboratório acreditado ativo.

Tabela 4 Distribuição das técnicas de análise utilizadas nos laboratórios acreditados pelo INMETRO, segundo grupos de matrizes analisadas (%)*.

Grupo de Matrizes	Técnica de Análise				
	AAS**	AFS**	ICP-OES**	ICP-MS	XRF
Ambientais	43,7	8,0	41,9	6,3	-
Biológicas humanas	100,0	-	-	-	-
Produtos relacionados à saúde e segurança humanas	45,8	-	45,8	3,9	4,5
Produtos de consumo e similares	36,7	1,5	46,4	8,3	7,0
Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais	28,8	2,3	36,1	7,0	25,7

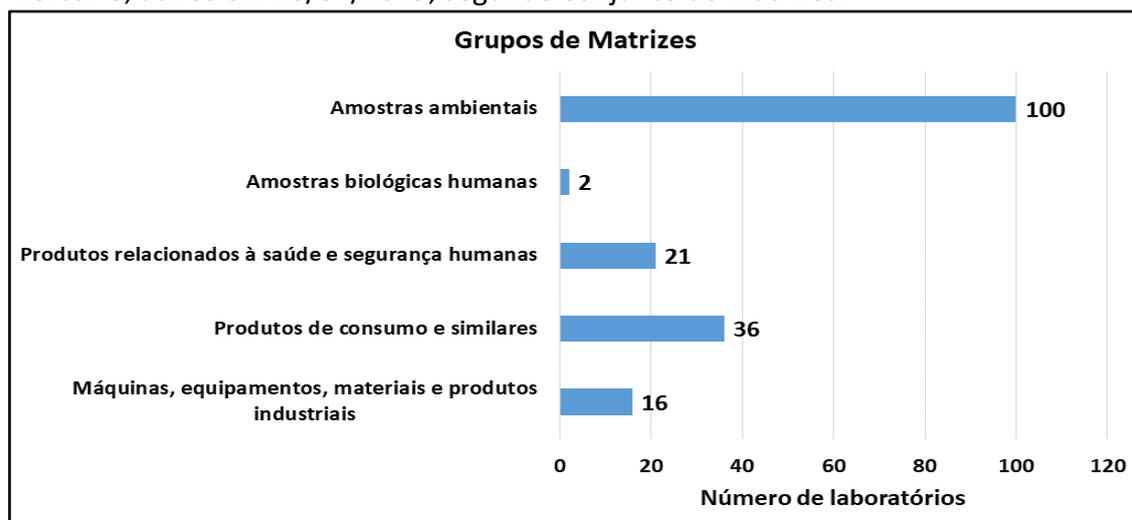
*obtida pela média ponderada considerando o número de laboratórios e a média de uso da técnica para cada matriz analisada.

** e suas variações

4.3 Distribuição dos Laboratórios por Grupo de Matrizes Analisadas

Os laboratórios ativos listados no INMETRO, juntamente com todas as matrizes nas quais é realizada análise de mercúrio, e métodos utilizados nas análises, foram distribuídos em cinco grupos de matrizes, e estão apresentados na Figura 2. Ressalte-se que um laboratório pode estar certificado para análise de mercúrio em mais de uma matriz.

Figura 2 Número de laboratórios certificados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio, ativos em 20/04/2019, segundo conjunto de matrizes.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Observa-se que a maior parte dos laboratórios realiza análise de amostras ambientais, sendo que para outros grupos de matrizes, como amostras biológicas humanas e

produtos relacionados à saúde e segurança humanas, há poucos laboratórios certificados.

Em relação às técnicas utilizadas, verifica-se que os laboratórios brasileiros têm utilizado principalmente técnicas espectrométricas de absorção atômica, principalmente por vapor frio, e de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado. Estas técnicas são, em geral, as mesmas que vem sendo utilizadas em estudos científicos e para análise em países desenvolvidos, o que demonstra que os laboratórios brasileiros estão utilizando as melhores técnicas internacionais. O detalhamento das técnicas utilizadas está apresentado na descrição individual de cada matriz.

4.3.1 Matrizes analisadas em amostras ambientais

As amostras ambientais nas quais foi identificada capacidade de análise para mercúrio pelos laboratórios brasileiros certificados e ativos em 20.04.2019 foram: água; água residual; amostragem em efluentes gasosos; emissões atmosféricas; gases e poluentes da atmosfera; ar (higiene ocupacional); resíduos; solo; sedimento; bioindicadores, biomarcadores e tecidos vegetais e animais.

4.3.2 Matrizes analisadas em amostras biológicas humanas

Em relação às amostras biológicas humanas, foram identificados laboratórios certificados e ativos em 20.04.2019, que realizam este tipo de análise somente para cabelo e sangue.

4.3.3 Matrizes analisadas em produtos relacionados à saúde e segurança humanas

Em relação aos produtos de saúde e segurança humanas, foram identificados laboratórios brasileiros certificados e ativos em 20.04.2019 que fazem análise de mercúrio para as seguintes matrizes: água para saúde humana, como água para diálise, hemodiálise e dialisato (solução de diálise); implantes mamários; produtos farmacêuticos; equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos; outros, como luvas, máscaras e próteses.

4.3.4 Matrizes analisadas em produtos de consumo e similares

Foram identificados oito conjuntos de matrizes relacionados à produtos de consumo e similares, com laboratórios brasileiros certificados e ativos em 20.04.2019 que fazem análise de mercúrio: brinquedos e produtos infantis; chupeta, mamadeira e bico de mamadeira; artigos para festas; artigos escolares; couro, calçados e afins; embalagens; alimentos e bebidas; cigarro.

4.3.5 Matrizes analisadas em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais

Foram identificados laboratórios brasileiros certificados e ativos em 20.04.2019 que fazem análise de mercúrio em diferentes matrizes que se enquadram no grupo máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, a saber: tabaco; ligas metálicas ferrosas e não-ferrosas; produtos metálicos, incluindo joias e bijuterias; aço, ferroligas, ferro fundido e ferramentas; produtos têxteis; celulose, papel e produtos afins; produtos de borracha e de plástico; tintas, pigmentos e corantes; eletrodomésticos e similares; máquinas e equipamentos de pequeno porte; máquinas e equipamentos de medição e controle; motores, equipamentos e materiais elétricos, incluindo baterias, pilha e acumulador; máquinas para escritório e equipamentos de informática; equipamentos e tecnologia da informação; cimento, matérias-primas, concreto e aditivos; massa niveladora; fertilizantes.

Ao analisar as matrizes listadas neste grupo de “Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais”, verifica-se que muitos destes produtos, como eletrodomésticos, poderiam ser enquadrados também no grupo de “Produtos de consumo e similares”. Entretanto, decidiu-se considerar neste grupo os materiais e produtos elétricos, devido ao amplo escopo e diferentes aplicabilidades neste grupo. Decidiu-se enquadrar em “Produtos de consumo e similares” apenas os produtos no qual há um contato mais próximo e direto com o consumidor.

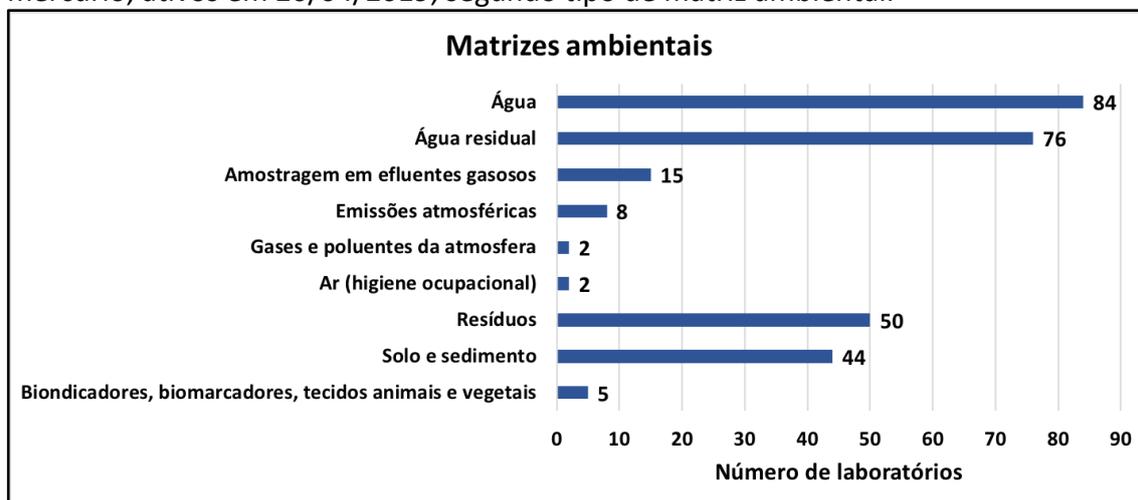
4.4 Detalhamento dos Laboratórios Certificados

4.4.1 Laboratórios de análise de amostras ambientais

Dos 125 laboratórios ativos constantes da listagem INMETRO, 100 (80%) realizam análise de amostras ambientais, sendo, em sua maioria, amostras de água, incluindo água bruta, água para consumo humano, água tratada, água salobra, água salina, dentre

outras. Águas residuais foram contabilizadas separadamente. A Figura 3 apresenta o número de laboratórios que realizam amostras de mercúrio para cada matriz e ou conjunto de matrizes ambientais.

Figura 3 Número de laboratórios certificados pelo INMETRO que realizam análise de mercúrio, ativos em 20/04/2019, segundo tipo de matriz ambiental.

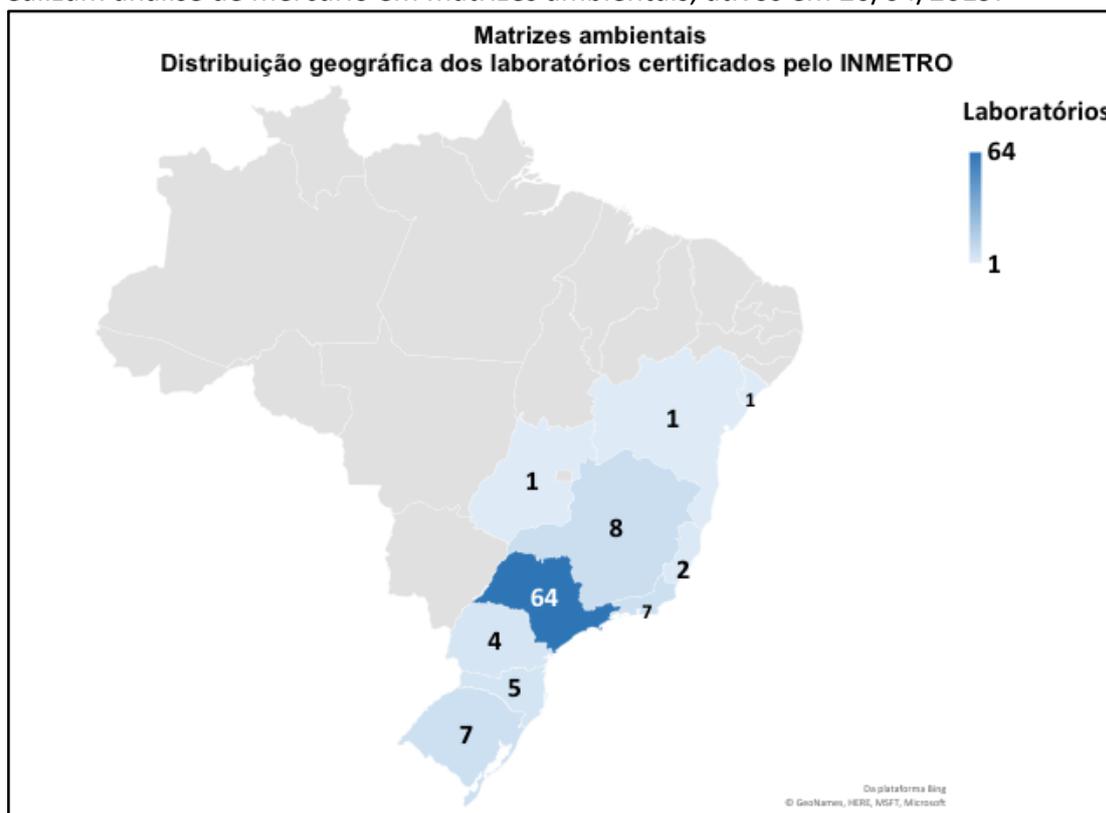


Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Esta distribuição mostra que a grande maioria dos laboratórios acreditados realiza análise de mercúrio em água (67,2%), resíduos e em solo e sedimento, havendo déficit de laboratórios em várias outras matrizes ambientais, como amostras de ar atmosférico e bioindicadores.

Em termos geográficos, assim como observado para o conjunto geral de matrizes consideradas, há preponderância de laboratórios na região Sudeste, sendo que 64 dos 100 laboratórios (64%) que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais encontram-se no estado de São Paulo, seguido de Minas Gerais com 8 laboratórios (8%). A distribuição geográfica por matriz/conjunto de matriz ambiental encontra-se na Figura 4.

Figura 4 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO que realizam análise de mercúrio em matrizes ambientais, ativos em 20/04/2019.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Em termos analíticos, assim como observado para o conjunto geral de matrizes, há preponderância das técnicas espectrométricas, em especial espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado e absorção atômica, com destaque para análise com vapor frio. Os LQs variam de acordo com a matriz, técnica utilizada e metodologia de preparo da amostra.

Água

Dos 100 laboratórios ativos, acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, 84 (84%) realizam análise em amostras de água, como água bruta, água tratada, água para consumo humano, água salobra e salina. Os laboratórios que realizam análises em amostras de água, suas localizações em termos de Unidade da Federação (UF), técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

A distribuição geográfica dos laboratórios segue o mesmo perfil apresentado para o grupo de amostras ambientais. Dos 84 laboratórios, 52 (62%) estão localizados no estado de São Paulo, 7 em Minas Gerais, 6 no Rio Grande do Sul, 5 no Rio de Janeiro e Santa Catarina, 4 no Paraná, 2 no Espírito Santo e 1 na Bahia, Goiás e Sergipe. As técnicas mais utilizadas são AAS; incluindo suas variações, como CVAAS e HGAAS; e ICP-OES, também incluindo suas variações, como HG ICP-OES. Dessas, a mais utilizada é a CVAAS, em 33 laboratórios (39%).

De maneira geral, os LQs variam de 0,00001 mg/L a 0,02 mg/L para mercúrio total e solúvel, sendo o valor de 0,02 mg/L obtido por apenas um laboratório. É importante destacar que a maioria dos laboratórios analisa mercúrio total, sendo que técnica de especiação e análise de mercúrio orgânico é utilizada por apenas 1 laboratório. O LQ obtido por este laboratório, para metilmercúrio total, é de 0,00000025 mg/L, por meio da utilização da técnica analítica AFS com aprisionamento em coluna de areia de ouro. Nos contatos realizados, verificou-se que a especiação do mercúrio e análise de metilmercúrio poderá ser implantado em breve, em alguns laboratórios.

Considerando os dados referentes a água para consumo humano, apresentados no Apêndice 1, verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender a legislação sobre água, como por exemplo da Portaria 2914/2011, do MS, para água potável. Esta Portaria determina o limite de 0,001mg Hg/L, sendo este valor atendido pela ampla maioria dos laboratórios.

Água Residual

Dos 100 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, 76 (76%) realizam análise em amostras de água residual. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

A distribuição geográfica dos laboratórios segue o mesmo perfil apresentado para o grupo de amostras ambientais e da matriz água. Dos 76 laboratórios, 47 (62%) estão localizados no estado de São Paulo, 6 em Minas Gerais, 5 no Rio de Janeiro e Santa Catarina, 4 no Paraná e no Rio Grande do Sul, 2 no Espírito Santo e 1 na Bahia, Goiás e

Sergipe. As técnicas utilizadas são as mesmas apresentadas para a matriz água, sendo a mais utilizada a CVAAS, em 29 laboratórios (38%).

De maneira geral os LQs variam de 0,00001 mg/L a 0,02 mg/L para mercúrio total e solúvel, sendo o valor de 0,02 mg/L obtido por apenas um laboratório. Apenas 1 laboratório realiza análise de mercúrio orgânico (metilmercúrio), o mesmo que faz para a matriz água, utilizando a mesma técnica e mesmo LQ.

Tendo em vista que o limite de lançamento de mercúrio em efluentes é de 0,01 mg/L, conforme apresentado no Apêndice 1, considera-se adequados os LQs obtidos pelos laboratórios para água residual.

Amostragem para efluentes gasosos

Dos 100 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, apenas 15 (15%) realizam amostragem para efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias, conforme apresentado no Apêndice 2. Destes 15 laboratórios, 14 estão localizados na região Sudeste, sendo 12 no estado de São Paulo, 1 em Minas Gerais e 1 no Rio de Janeiro. O outro laboratório está localizado na região Sul, no estado do Rio Grande do Sul. Os métodos utilizados são os da Agência de Proteção Ambiental dos EUA, os quais atendem as exigências nacionais.

Emissões atmosféricas

Dos 100 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, apenas 8 (8%) realizam análises de emissões atmosféricas. Estes laboratórios, suas localizações, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Todos estes laboratórios estão localizados na região Sudeste, sendo 6 em São Paulo, 1 no estado do Rio de Janeiro e 1 em Minas Gerais. As técnicas utilizadas são: AAS, incluindo CVAAS e HGCVAAS; ICP-OES, incluindo HG-ICP-OES e CV-ICP-OES; e AFS, incluindo CVAFS.

De maneira geral, os LQs variam de 0,02 µg a 4 µg. Somente 1 laboratório fornece o LQ em concentração, sendo que varia de 0,04 µg/Nm³ a 0,08 µg/Nm³. Considerando o

limite de emissão de mercúrio estabelecido para co-processamento de resíduos em fornos de clínquer, de 0,05 mg/Nm³ (50 µg/Nm³), conforme apresentado no Apêndice 1, o LQ atingido por este laboratório é satisfatório, o que pode ser estendido aos outros laboratórios.

Gases e poluentes atmosféricos

Dos 100 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, apenas 2 (2%) realizam análise de mercúrio em gases e poluentes da atmosfera. Estes laboratórios, suas localizações, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os 2 laboratórios estão localizados no estado de São Paulo. Em relação as técnicas analíticas utilizadas, 1 dos laboratórios utiliza as técnicas CVAAS e HG-ICP-OES, sendo os Limites de Quantificação obtidos de: 0,06 µg Hg/m³ em material particulado (MP₁₀) e partículas totais em suspensão (PTS), utilizando-se a técnica HG-ICP-OES, e 0,003 µg Hg/m³ em MP₁₀ e PTS utilizando-se a técnica CVAAS. O outro laboratório utiliza a técnica da decomposição térmica e amalgamação em coluna de ouro para análise de material particulado, sendo o limite obtido de 0,005 µg de Hg.

Não se encontrou registro de limite de mercúrio na atmosfera, estabelecido em legislação. Talvez, por este motivo, seja ínfimo o número de laboratórios acreditados que realiza estas análises.

Ar (higiene ocupacional)

Dos 100 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, apenas 2 (2%) realizam análises de mercúrio em ambiente ocupacional, sendo 1 localizado no estado de São Paulo e outro no Rio de Janeiro. Estes laboratórios, suas localizações, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Em relação as técnicas analíticas utilizadas, 1 dos laboratórios utiliza a técnica ICP-MS, sendo o LQ de 0,0045 µg de Hg, e o outro a técnica ICP-OES, com LQ de 0,05 µg de Hg. Considerando que a Norma Regulamentadora NR 15, do Ministério do Trabalho, atual Ministério do Trabalho e da Economia, estabelece o limite máximo de exposição ocupacional ao mercúrio em 0,04 mg/m³ em jornadas de trabalho de até 48 horas

semanais, a expressão do LQ obtida (μg de Hg) não permite dizer se é adequado para atender a esta Norma.

Resíduos

Dos 100 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, 50 (50%) realizam análise em resíduos sólidos e ou líquidos. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Com relação à distribuição geográfica dos laboratórios, para a matriz resíduos há apenas laboratórios na região Sul e Sudeste. Dos 50 laboratórios, 32 (64%) estão localizados no estado de São Paulo, 5 em Minas Gerais, 4 no Rio de Janeiro, 3 em Santa Catarina e 3 no Rio Grande do Sul, 2 no Espírito Santo e 1 em Goiás. As técnicas mais utilizadas são ICP-OES, incluindo suas variações, como HG-ICP-OES AAS e CV-ICP-OES; e AAS, também incluindo suas variações, como CVAAS e HGAAS. Destas, a mais utilizada é a ICP-OES, em 21 laboratórios.

De maneira geral os LQs variam de 0,00005 mg/kg a 0,50 mg/kg e 0,0001 mg/L a 0,05 mg/L. Considerando os dados apresentados no Apêndice 1 para resíduos, verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender a legislação e normativas estabelecidas, a exemplo da Resolução CONAMA n° 375 de 2006, que limita a carga acumulada de mercúrio em lodo, para uso agrícola, em 17mg Hg/kg.

Solo e sedimento

Dos 100 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, 44 (44%) fazem análise em amostras de solo e sedimento. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Em relação à distribuição geográfica dos laboratórios, que realizam análise de mercúrio em solo e sedimento, São Paulo possui 25 (57%), Minas Gerais 6, Rio de Janeiro 4; Rio Grande do Sul 4; Santa Catarina 2; Espírito Santo 2 e Paraná 1 laboratório. As técnicas mais utilizadas são ICP-OES, incluindo suas variações, como HG-ICP-OES e CV ICP-OES; e AAS, também incluindo suas variações, como CVAAS e HGAAS. Destas, a mais utilizada é a CVAAS, sendo utilizada em 15 laboratórios.

De maneira geral os LQs variam de 0,00005 mg/kg a 3,0 mg/kg e 0,0001 mg/L a 0,010 mg/L. Considerando os dados apresentados no Apêndice 1, para solos e sedimentos, verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender a legislação e normativas estabelecidas, a exemplo da Resolução CONAMA n° 420 de 2009, que estabelece o limite de mercúrio em solo, valores de prevenção, em 0,5 mg Hg/kg.

Bioindicadores

Dos 100 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais, apenas 5 (5%) realizam análise de mercúrio em bioindicadores. Estes laboratórios, suas localizações, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 5 laboratórios acreditados, 4 estão localizados no estado de São Paulo e 1 no Espírito Santo. Cada laboratório realiza análise em determinado tipo de bioindicador. As matrizes contempladas no estado de São Paulo são: vegetais e tecido animal; organismos aquáticos, terrestres e plantas; crustáceos, peixes e moluscos; biota, fitoplâncton, zooplâncton, macrófita e peixe. O laboratório localizado no estado do Espírito Santo realiza análise de mercúrio em tecido vegetal e mexilhão. As técnicas analíticas utilizadas são: AAS, ICP-OES, decomposição e amalgamação seguido de AAS, AFS, incluindo AFS com aprisionamento em coluna de ouro. Os LQs variam de 0,001 mg Hg/kg, para vegetais e tecido animal, utilizando decomposição e amalgamação; a 0,08 mg Hg/kg, para crustáceos, peixes e moluscos, utilizando AAS. A Resolução ANVISA nº 42, de 29/08/2013 fixou os seguintes limites: peixes, exceto predadores: 0,5 mg/kg; Peixes predadores: 1 mg/kg; moluscos cefalópodos: 0,5 mg/kg; moluscos bivalvos: 0,5 mg/kg; crustáceos: 0,5 mg/kg. Desta forma, os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender aos limites fixados para estas matrizes.

4.4.2 Laboratórios de análise de amostras biológicas humanas

Dos 125 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que fazem análise de mercúrio, apenas 2 realizam análise em amostras biológicas humanas, sendo os 2 localizados no estado de São Paulo. Um dos laboratórios realiza análises em amostras de cabelo e sangue utilizando o método da decomposição e amalgamação, seguido de AAS. O LQ

obtido para amostra de cabelo é de 0,0025 mg Hg/kg e para sangue é de 0,0005 mg Hg/kg. O outro laboratório realiza apenas análise em amostras de cabelo, por meio do método da decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro, seguido de AAS, sendo o LQ de 5 ng Hg.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, os valores normais de mercúrio em sangue para pessoas não expostas a mercúrio e sem consumo de peixe contaminado é de 5 a 10 µg Hg/L (0,005 a 0,01 mg Hg/L), sendo as técnicas AAS, CVAAS, ICP-OES e ICP-MS as mais utilizadas para esta determinação (WHO/UNEP, 2008). A técnica analítica para determinação de mercúrio e o limite de quantificação do laboratório acreditado que realiza análise de mercúrio em sangue está condizente com as especificações da Organização Mundial da Saúde.

Para cabelo humano, a Organização Mundial da Saúde estabelece 1 a 2 µg Hg/g (1 a 2 mg Hg/kg) como valores normais de mercúrio para pessoas não expostas a mercúrio e sem consumo de peixe contaminado. As técnicas analíticas mais utilizadas para esta determinação são AAS, CVAAS, ICP-OES e ICP-MS. O LQ de 0,0025 mg Hg/kg. A técnica analítica utilizada pelo laboratório está em consonância com as especificações da Organização Mundial da Saúde. O outro laboratório apresenta o LQ apenas em termos de massa (5 ng), o que não permite comparação. Entretanto, a técnica analítica utilizada é satisfatória.

Os dados apresentados demonstram que há um déficit importante no país em termos de laboratórios certificados que realizam análise de amostras biológicas humanas. Nenhum dos laboratórios acreditados no INMETRO realiza análise de mercúrio em urina e leite humano, que conforme apresentado anteriormente, configuram-se importantes meios para determinação da exposição ao mercúrio.

4.4.3 Laboratórios de análise de amostras de produtos relacionados à saúde e segurança humanas

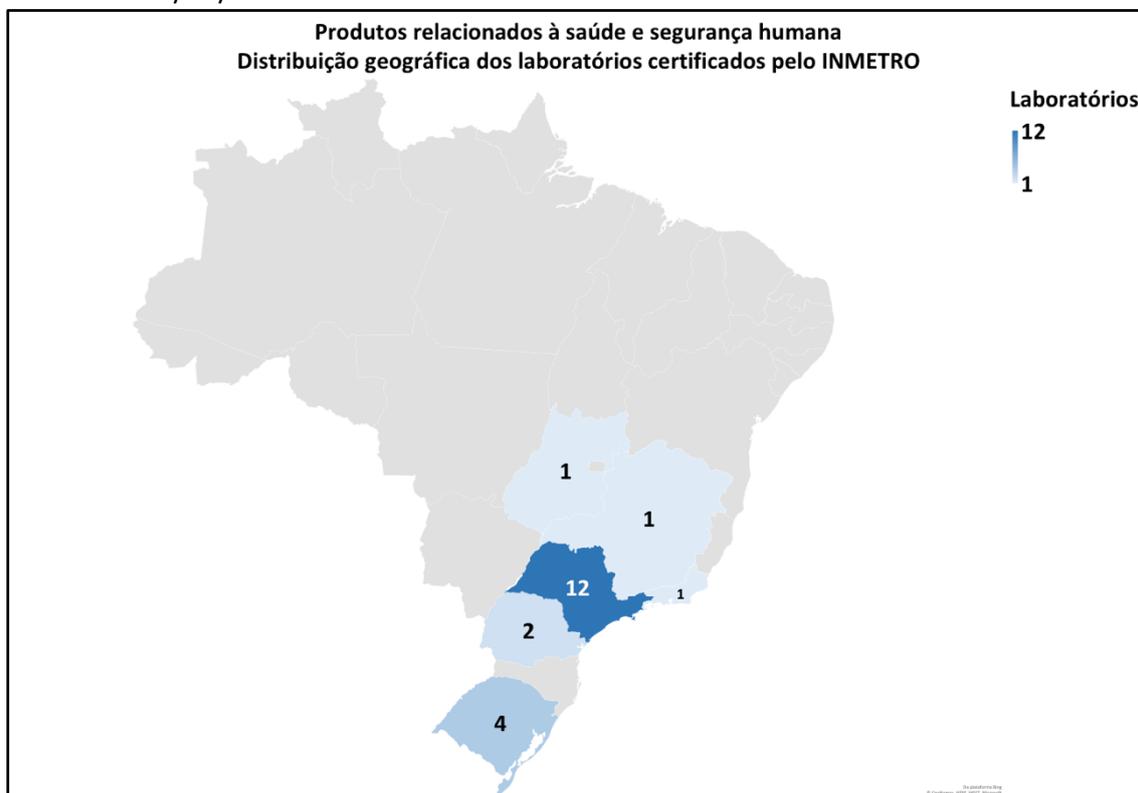
Dos 125 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que fazem análise de mercúrio, apenas 21 o fazem em produtos relacionados à saúde e segurança humana, sendo 12 (57%) dos laboratórios localizados no estado de São Paulo, conforme é apresentado na Figura 5.

A Figura 6 apresenta a distribuição dos laboratórios que realizam análise de mercúrio, para cada tipo de matriz relacionada à saúde e segurança humanas.

Neste grupo há preponderância de laboratórios que realizam análise de mercúrio em água para saúde e segurança humanas. Dos 21 laboratórios existentes, 16 realizam análise em amostras de água para saúde e segurança humanas, como água para diálise, água para hemodiálise e dialisato; para implantes mamários há 2 laboratórios e também 2 para produtos farmacêuticos; para equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos e outros produtos há 1 único laboratório, sendo que este está localizado no Rio Grande do Sul, e é o mesmo para os dois grupos de produtos.

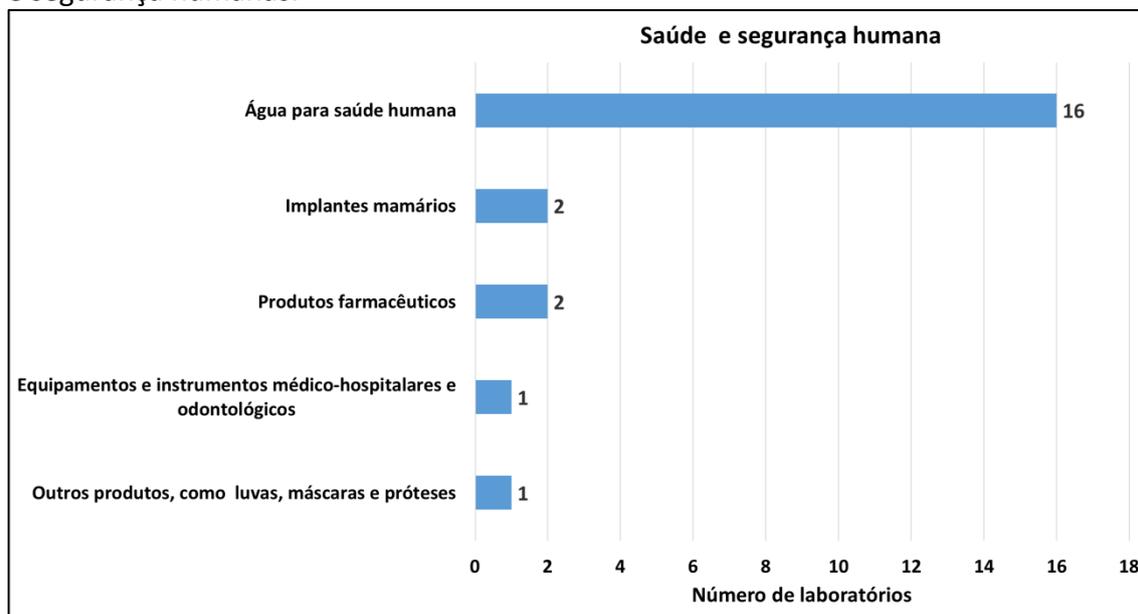
Em termos analíticos, assim como observado para o conjunto geral de matrizes, há preponderância das técnicas espectrométricas, a de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) e de absorção atômica (AAS), com destaque para análise com vapor frio (CVAAS).

Figura 5 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO que realizam análise de mercúrio em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, ativos em 20/04/2019.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Figura 6 Distribuição dos laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio, segundo tipo de matriz relacionada à saúde e segurança humanas.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Água para a saúde humana

Dos 21 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, 16 (76%) realizam análise em amostras de água para a saúde humana. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

A distribuição geográfica dos laboratórios segue o mesmo perfil apresentado para o grupo “produtos relacionados à saúde e segurança humanas”. Dos 16 laboratórios, 9 (56%) estão localizados no estado de São Paulo, 2 no Rio Grande do Sul e 2 no Paraná, 1 em cada um dos seguintes estados: Goiás, Minas Gerais e Rio de Janeiro. As técnicas mais utilizadas são AAS; incluindo suas variações, como CVAAS e HGAAS; ICP-OES, também incluindo suas variações, como HG-ICP-OES e CV-ICP-OES. Destas, a mais utilizada é a CVAAS, em 8 laboratórios.

De maneira geral os LQs variam de 0,00002 mg/L a 0,002 mg/L para mercúrio total e solúvel, sendo o valor de 0,002 mg/L obtido por apenas um laboratório, sendo que este laboratório atinge limites inferiores por meio de outras técnicas. Considerando os dados

apresentados no Apêndice 1, para água destinada à saúde humana, verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender a legislação, a exemplo da Resolução ANVISA nº 11 de 2014, que estabelece o teor máximo de mercúrio na água para uso em hemodiálise em 0,0002 mg/L, sendo este valor atendido por todos os laboratórios.

Implantes mamários

Dos 21 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, apenas 2 (9,5%) realizam análises de mercúrio em implantes mamários. Estes laboratórios, suas localizações, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os laboratórios estão localizados no estado de São Paulo e no Estado do Rio Grande do Sul, sendo que os 2 laboratórios utilizam a técnica analítica ICP-OES. Os LQs obtidos são de 10 mg/kg e 0,223 mg/kg.

Considerando o dado apresentado no Apêndice 1, para implante mamário, verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios não são suficientes para atender a Norma ISO 14949:2001 citada pela Resolução RDC nº16 de 2012 do Ministério da Saúde, que estabelece 0,00001 mg/kg como limite máximo de mercúrio em implante mamário.

Produtos farmacêuticos

Dos 21 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO que realizam análise de mercúrio em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, apenas 2 (9,5%) realizam análise de mercúrio em produtos farmacêuticos. Estes laboratórios, suas localizações, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os 2 laboratórios estão localizados no estado de São Paulo, sendo que 1 deles pode utilizar 3 dessas técnicas analíticas para determinação de mercúrio: CVAAS, FAAS e ICP-OES. O outro utiliza CVAAS. No primeiro laboratório, o LQ varia de 0,0002 mg/kg a 2 mg/kg. No segundo, o LQ é de 0,002 mg/L.

A Resolução RDC nº 24 de 2011 da ANVISA estabelece que empresas fabricantes de medicamentos apresentem laudo sobre presença de metais pesados, em determinados extratos e derivados vegetais utilizados para a fabricação de medicamentos. Não há limite estabelecido, mas pelo menos uma das técnicas disponíveis (CVAAS) tem resolução adequada.

Considera-se insuficiente o número de laboratórios acreditados para análise de mercúrio em produtos farmacêuticos.

Equipamento e instrumento médico-hospitalar e odontológico

Dos 21 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, apenas 1 (4,8%) realiza análise de mercúrio em equipamento e instrumento médico-hospitalar e odontológico, estando localizado no estado do Rio Grande do Sul, conforme Apêndice 2.

A técnica analítica utilizada para determinação de mercúrio é a FRX, sendo o LQ de 20 mg Hg/kg; e o ICP-OES, com LQ de 0,01 mg/L. Não há limite de mercúrio estabelecido para equipamento e instrumento médico-hospitalar e odontológico, mas sim proibição de uso de mercúrio em termômetros, esfigmomanômetros e outros instrumentos de medida de pressão.

Produtos relacionados à saúde e segurança humanas (luvas, máscaras, próteses, etc.)

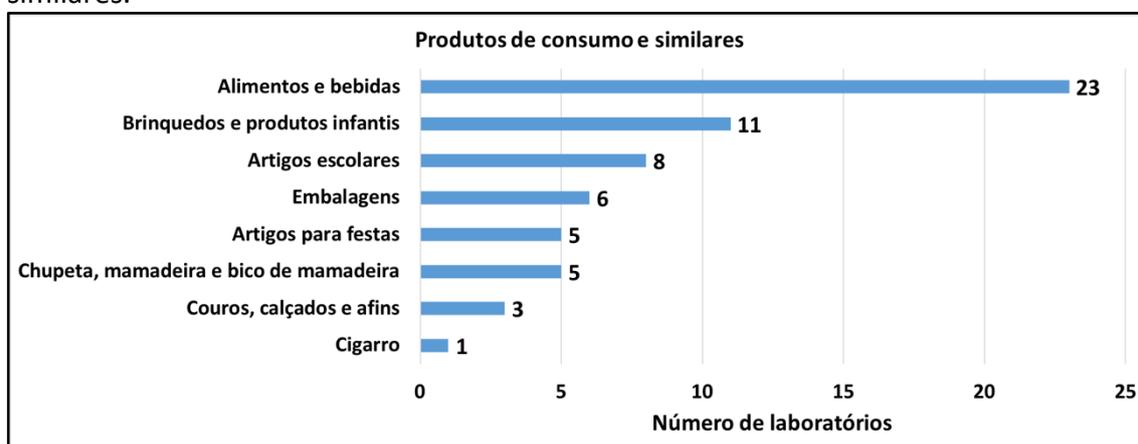
Dos 21 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, apenas 1 (4,8%) realiza análise de mercúrio em luvas, máscaras próteses e similares, sendo este laboratório o mesmo que realiza análise em amostras de equipamento e instrumento médico-hospitalar e odontológico. Sua localização, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

A técnica analítica utilizada para determinação de mercúrio é a FRX, sendo o LQ de 20 mg Hg/kg; e CVAAS, com LQ de 0,01 mg/L. Não foi encontrado limite de mercúrio estabelecido para este grupo de matriz. A técnica CVAAS atende à necessidade de pesquisa de presença de Hg neste grupo de matrizes.

4.4.4 Laboratórios de análise de amostras de produtos de consumo e similares

Dos 125 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO que fazem análise de mercúrio, 36 (29%) o fazem em produtos de consumo e similares, sendo que a maioria, 23 dos laboratórios, realizam análise de alimentos e bebidas. Produtos destinados às crianças, como brinquedos e produtos infantis, possuem 11 laboratórios certificados para análise de mercúrio, sendo 10 localizados no estado de São Paulo. A Figura 7 apresenta a distribuição dos laboratórios que realizam análise de mercúrio para produtos de consumo e similares.

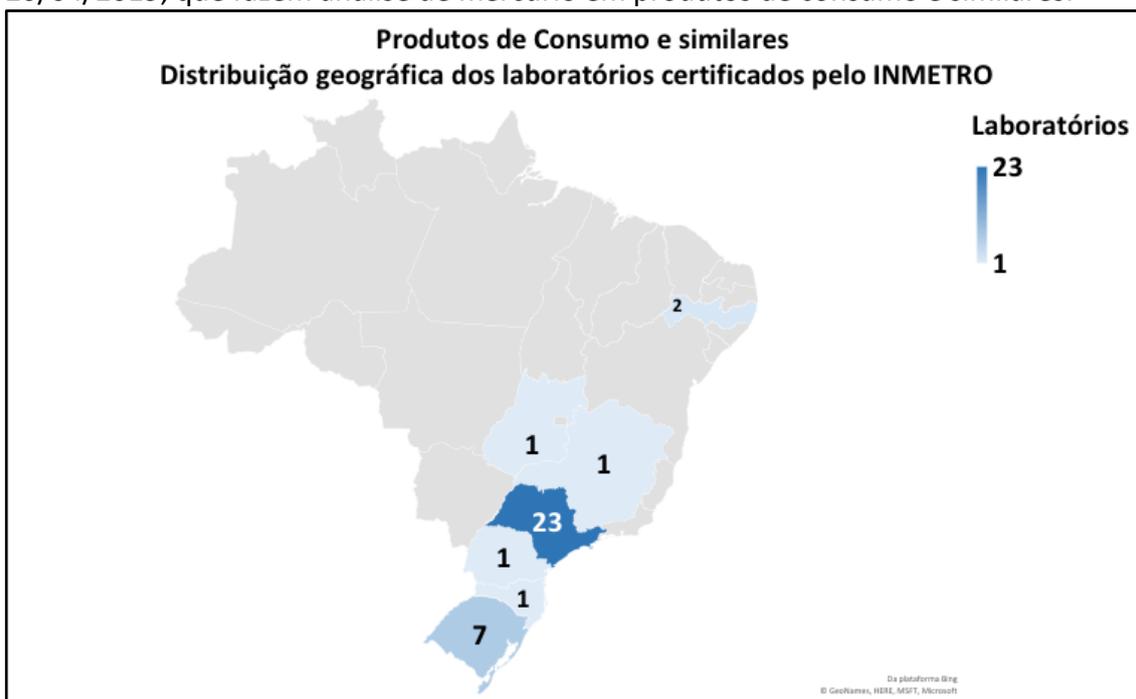
Figura 7 Distribuição dos laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio, por conjunto de produtos de consumo e similares.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Em termos geográficos, há preponderância de laboratórios na região Sudeste, com 24 laboratórios (66,7%) e Sul, com 9 laboratórios (25%), sendo que 23 dos 36 laboratórios (63,9%) estão localizados no estado de São Paulo. A distribuição geográfica destes laboratórios é mostrada na Figura 8.

Figura 8 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio em produtos de consumo e similares.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Em termos analíticos, assim como observado para o conjunto geral de matrizes, há preponderância das técnicas espectrométricas, ICP-OES e AAS, com destaque para análise com vapor frio. Os LQs variam de acordo com a matriz, técnica analítica utilizada e metodologia de preparo da amostra. As informações específicas, para cada conjunto de matrizes, nesta categoria de “produtos de consumo e similares”, estão mostradas a seguir.

Brinquedos e produtos infantis

Dos 36 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos de consumo e similares, 11 (31%) realizam análise em brinquedos e produtos infantis, sendo que 1 realiza análises apenas para uso próprio (autocontrole). Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os laboratórios, 10 (91%), estão em sua maioria localizados no estado de São Paulo. O outro laboratório está localizado no Rio Grande do Sul. A técnica analítica mais utilizada

para determinação de mercúrio é o ICP-OES, utilizada em 8 laboratórios. As outras técnicas utilizadas são: AAS, CVAAS e FRX.

De maneira geral, o LQ varia de 0,001 mg Hg/L (ICP-OES) a 0,01 mg Hg/L (CVAAS) e de 0,20 mg Hg/kg (AAS) a 20 mg Hg/kg (FRX). Considerando as informações apresentadas no Apêndice 1, para brinquedos e produtos infantis, verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender a Portaria INMETRO nº 563 de 2016, que estabelece que os diferentes materiais que compõem os brinquedos, exceto massa para modelar e tinta para pintar com os dedos, não podem apresentar migração de mercúrio superior a 60 mg/kg. Já massa para modelar e tinta para pintar com os dedos não podem apresentar migração de mercúrio superior a 25 mg/kg.

Chupeta, mamadeira e bico de mamadeira

Dos 36 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos de consumo e similares, apenas 5 (14%) realizam análise em chupetas, mamadeiras e bicos de mamadeira. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Todos os laboratórios estão localizados no estado de São Paulo. Em relação à técnica analítica para determinação de mercúrio, 4 laboratórios utilizam ICP-OES e 1 utiliza AAS. Os LQs variam de 0,20 mg Hg/kg a 2,5 mg Hg/kg. E em um dos laboratórios o limite é de 0,001 mg/L. Não há limite estabelecido para mercúrio nestes produtos. A única normativa é a ABNT- NBR 10334 de 2003, que estabelece que os resíduos de chupetas deixadas de molho por 10 dias em água destilada não podem conter metais tóxicos, entre eles mercúrio.

Artigos para festas

Dos 36 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos de consumo e similares, apenas 5 (14%) realizam análise em artigos para festas, sendo 4 destes os mesmos que realizam análise de mercúrio em chupetas, mamadeiras e bicos de mamadeira. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Todos os laboratórios estão localizados no estado de São Paulo. Em relação às técnicas analíticas para determinação de mercúrio, 4 laboratórios utilizam ICP-OES e 1 utiliza AAS. Os LQs variam de 0,20 mg Hg/kg a 2,5 mg Hg/kg.

A Portaria INMETRO nº 414 de 2010, a única encontrada para este tipo de artigo, estabelece em 60 mg Hg/kg o limite de migração máxima do mercúrio para artigos para festas. Os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender a esta norma.

Artigos escolares

Dos 36 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos de consumo e similares, apenas 8 (22%) realizam análise em artigos escolares. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 8 laboratórios, 7 estão localizados no estado de São Paulo e 1 no Rio Grande do Sul. Em relação às técnicas analíticas para determinação de mercúrio, 5 laboratórios utilizam ICP-OES. As outras técnicas analíticas utilizadas são: AAS, CVAAS e FRX.

Os LQs variam de 0,20 mg Hg/kg a 20 mg Hg/kg e de 0,005 mg Hg/L a 0,01 mg/L. A norma ABNT NBR 15236:2016 estabelece 60 mg Hg/kg como limite de migração máxima do mercúrio em artigos escolares. Considerando as informações apresentadas verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender a esta exigência.

Couros, calçados e afins

Dos 36 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos de consumo e similares, apenas 3 (8%) realizam análise em couros, calçados e afins. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 3 laboratórios, 2 estão localizados no estado de São Paulo e 1 no Rio grande do Sul. O laboratório localizado no rio Grande do Sul utiliza a técnica analítica HGAAS, sendo os LQs de 0,20 mg/kg (Hg total) e 0,05 mg/kg (Hg solúvel). Já os laboratórios localizados no São Paulo utilizam FRX, ICP-OES e AAS, com LQ de 10 mg/kg (Hg total); e ICP-OES e ICP-

MS, com LQ de 0,090 mg/kg (Hg total). Conforme pesquisa realizada, não há limite estabelecido para mercúrio nestes produtos.

Embalagens

Dos 36 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos de consumo e similares, apenas 6 (17%) realizam análise em embalagens. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 6 laboratórios, 5 estão localizados no estado de São Paulo e 1 no Rio Grande do Sul. As técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio são: AAS, CVAAS, ICP-OES e FRX. Os LQs variam de 0,0001 mg Hg/kg a 1300 mg Hg/kg e de 0,001 mg Hg/L a 0,01 mg/L.

Considerando as informações apresentadas no Apêndice 1, verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios, exceto para FRX, são suficientes para atender as normativas e legislações vigentes, a exemplo da Resolução ANVISA nº 20 de 2007, que estabelece, para os materiais metálicos usados em embalagens, revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos em contato com alimentos, o limite máximo de impurezas individual para o mercúrio de 0,01% (100 mg Hg/kg), bem como a Resolução ANVISA nº 52 de 2010, que estabelece 0,005 mg/kg como limite de mercúrio em corantes de embalagens e equipamentos plásticos destinados a estar em contato com alimentos.

Alimentos e bebidas

Dos 36 laboratórios ativos para análise de mercúrio em produtos de consumo e similares, 23 (64%) realizam análise em alimentos e bebidas. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

A distribuição geográfica dos laboratórios segue perfil semelhante ao apresentado para o grupo produtos de consumo e similares. Dos 23 laboratórios, 13 (57%) estão localizados no estado de São Paulo, 4 no Rio Grande do Sul, 2 em Pernambuco e 1 em cada um dos seguintes estados: Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina.

A técnica analítica mais utilizada para determinação de mercúrio é a AAS e suas variações, utilizada por 12 laboratórios. A CVAAS é utilizada por 4 laboratórios. As outras técnicas utilizadas são: ICP-OES e suas variações, como HG ICP-OES; ICP-MS e FRX.

De maneira geral, os LQs variam de 0,006 mg Hg/kg a 0,20 mg Hg/kg e 0,001 mg Hg/L a 0,20 mg Hg/L. Para água mineral e gelo o limite é mais baixo, variando de 0,0001 mg Hg/L a 0,003 mg Hg/L. Considerando as informações apresentadas no Apêndice 1, para alimentos e bebidas, verifica-se que os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender as legislações e normativas vigentes, a exemplo do Decreto Federal nº 55.871 de 1965, que estabelece os limites de contaminação com mercúrio para qualquer alimento em 0,05 ppm (0,05 mg/kg). Em relação à água envasada e gelo, a Resolução ANVISA nº 274 de 2005 estabelece limite máximo de tolerância para contaminação de mercúrio em 0,001 mg/L, valor este também atendido pelos laboratórios.

Cigarros

Dos 36 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, apenas 1 (3%) realiza análise de mercúrio em cigarro, mais especificamente na fumaça da corrente primária do cigarro e no *blend* do cigarro, conforme apresentado no Apêndice 2. Importante frisar que este laboratório realiza análises apenas para autocontrole, não faz prestação de serviços.

Para determinação de mercúrio na corrente primária do cigarro, a técnica analítica utilizada é ICP-MS e CVAAS, sendo o LQ de 1,1 ng Hg/cigarro. Já para determinação de mercúrio no *blend* de cigarro, a técnica analítica utilizada é ICP-MS, sendo o limite de 31 ng Hg/g.

Conforme apresentado no Apêndice 1, a Resolução RDC nº 226 de 2018, do Ministério da Saúde, dispõe sobre a exigência dos produtores e importadores de derivados de tabaco de informar a quantidade de mercúrio (ng Hg/g de tabaco) presente nas correntes primárias, secundárias (fumaça lateral) e no tabaco. Até maio de 2019 o laboratório em questão não estava acreditado para realizar análises na corrente secundária, mas informou que está em processo de acreditação para se adequar a esta

nova exigência. Nesta revisão do escopo pretendem também passar a utilizar apenas a técnica analítica ICP-OES.

4.4.5 Laboratórios de análise de amostras do grupo máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais

Apesar da ampla lista de produtos enquadrados neste grupo, apenas 16 (13%) dos 125 laboratórios são certificados e estão ativos para análise de mercúrio nestes produtos, sendo 8 (50%) localizados no estado de São Paulo. A distribuição geográfica dos laboratórios é apresentada na Figura 9.

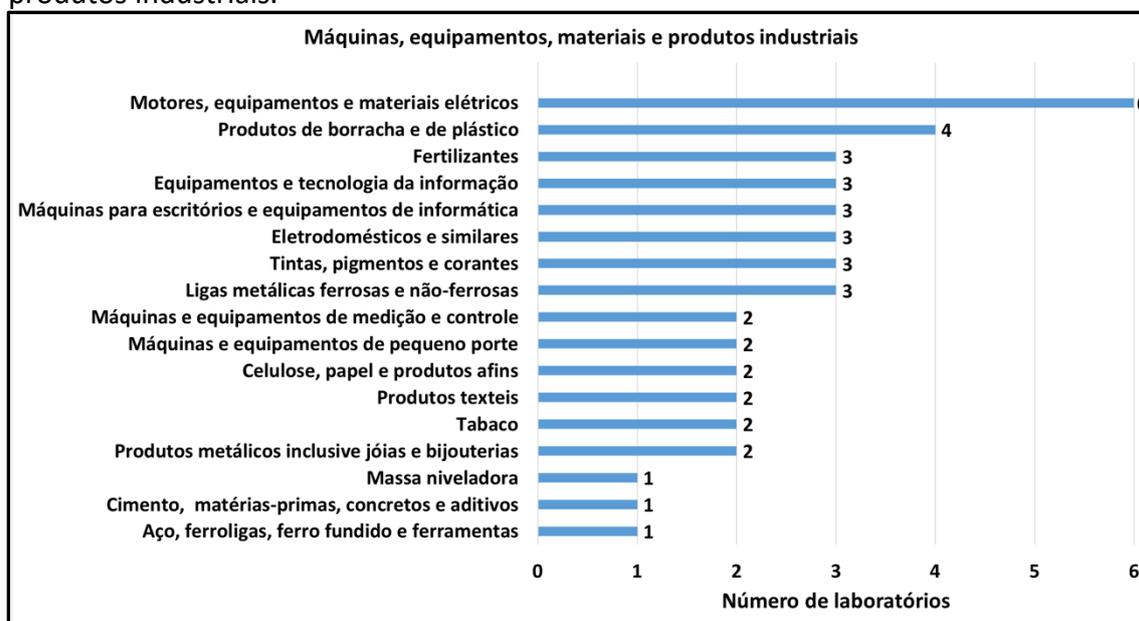
Dos 16 laboratórios, 6 realizam análise de mercúrio em motores, equipamentos e materiais elétricos e 4 em produtos de borracha e plásticos. O restante dos produtos é analisado por apenas 3, 2 ou 1 laboratório. A Figura 10 apresenta o número de laboratórios que realizam amostras de mercúrio para cada conjunto de máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.

Figura 9 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Figura 10 Número de laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio por conjunto de máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Em termos analíticos, há preponderância das técnicas espectrométricas, em especial ICP-OES, AAS e FRX.

Tabaco

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 2 (13%) realizam análise de mercúrio em tabaco, sendo que 1 apenas para uso próprio (autocontrole). Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os dois laboratórios estão localizados no estado do Rio Grande do Sul e utilizam a técnica analítica ICP-MS para determinação de mercúrio. Em um laboratório o LQ é de 31 ng Hg/g e no outro de 4,03 ng Hg/g.

A Resolução RDC nº 226 de 2018, do Ministério da Saúde dispõe sobre a exigência dos produtores e importadores de derivados de tabaco informarem a quantidade de mercúrio (ng Hg/g de tabaco) presente no tabaco, mas não apresenta nenhum limite definido.

Ligas metálicas ferrosas e não ferrosas

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 3 (19%) realizam análise de mercúrio em ligas metálicas ferrosas e não ferrosas. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os laboratórios estão distribuídos em três Estados, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo. As técnicas analíticas utilizadas pelos laboratórios são: FRX e CVAAS, com LQ de 20 mg Hg/kg e 0,01 mg Hg/L; OES, com LQ de 0,0020 a 0,0100 % (20 a 100 mg Hg/kg); e FRX, ICP-OES e AAS, sendo o LQ de 10 mg Hg/kg para as duas últimas técnicas. Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma ou norma referente à presença de mercúrio em ligas metálicas ferrosas e não ferrosas.

Produtos metálicos, incluindo joias e bijuterias

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 2 (13%) realizam análise de mercúrio em produtos metálicos, incluindo joias e bijuterias. Estes laboratórios também realizam análise de mercúrio em ligas metálicas ferrosas e não ferrosas. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os laboratórios estão localizados nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo. As técnicas analíticas utilizadas pelos laboratórios são: FRX e CVAAS, com LQ de 20 mg Hg/kg e 0,01 mg Hg/L; e FRX, ICP-OES e AAS, sendo o LQ de 10 mg Hg/kg para as duas últimas técnicas.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma ou norma referente à presença de mercúrio em produtos metálicos, incluindo joias e bijuterias.

Aço, ferroligas, ferro fundido e ferramenta

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 1 (6%) realiza análise de mercúrio em aço, ferroligas, ferro fundido e ferramenta, conforme apresentado no Apêndice 2. Este laboratório também realiza análise de mercúrio em ligas metálicas ferrosas e não ferrosas e em produtos metálicos.

O laboratório está localizado no estado de São Paulo e utiliza ICP-OES como técnica analítica para determinação de mercúrio. O LQ obtido é de 5 mg Hg/kg.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em aço, ferroligas, ferro fundido e ferramenta.

Produtos têxteis

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 2 (13%) realizam análise de mercúrio em produtos têxteis. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os dois laboratórios estão localizados no estado de São Paulo. As técnicas analíticas utilizadas pelos laboratórios são: FRX, com LQ de 200 - 1300 mg/kg; e ICP-OES e ICP-MS, sendo o LQ de 62,5 mg Hg/kg para a primeira técnica e 0,05 mg/kg para a segunda. Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em produtos têxteis.

Celulose, papel e produtos afins

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 2 (13%) realizam análise de mercúrio em celulose, papel e produtos afins. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os dois laboratórios estão localizados no estado de São Paulo. As técnicas analíticas utilizadas pelos laboratórios são: FRX, com LQ de 200 - 1300 mg/kg; e ICP-OES, sendo o LQ de 0,364 mg/kg.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em celulose, papel e produtos afins.

Produtos de borracha e de plástico

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, 4 (25%) realizam análise

de mercúrio em produtos de borrachas e de plástico. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os laboratórios estão localizados no estado de São Paulo e no Rio Grande do Sul, sendo dois laboratórios em casa Estado. As técnicas analíticas utilizadas pelos laboratórios são: FRX e CVAAS, com LQ de 20 mg/kg e 0,01 mg/L; ICP-OES, com LQ de 2,835 (Hg total) e 0,223 mg Hg/kg (Hg extraível); FRX, ICP-OES e AAS, com LQ de 200 - 1300 mg Hg/kg para a primeira técnica e 10 mg Hg/kg para as outras; e ICP-OES, sendo o LQ de 0,001 mg Hg/kg.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em produtos de borracha e de plástico.

Tintas, pigmentos e corantes

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, 3 (19%) realizam análise de mercúrio em tintas, pigmentos e corantes. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os laboratórios estão localizados no estado de estado de São Paulo e as técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio são ICP-OES, com LQ de 2,5 mg Hg/kg para pigmentos e corantes; FAAS para determinação de mercúrio em tinta (não determina o LQ); e ICP-OES, sendo o LQ de 62,5 mg/kg para polímeros, tintas e pigmentos.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em tintas. Já para corantes, foi encontrada Resolução ANVISA nº 91, de 11 de maio de 2001, que abrange apenas corantes em embalagens e equipamentos plásticos destinados a estar em contatos com alimentos, o que não é escopo deste grupo.

Eletrrodomésticos e similares

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, 3 (19%) realizam análise de mercúrio em eletrodomésticos e similares. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 3 laboratórios, 2 estão localizados no estado de São Paulo e 1 no Rio Grande do Sul. As técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio são: FRX, ICP-OES e AAS, com LQ de 200 - 1300 mg Hg/kg para a primeira técnica e 10 mg Hg/kg para as duas últimas; ICP-OES, com LQ de 62,5 mg Hg/kg; e FRX e CVAAS, sendo o LQ de 20 mg Hg/kg para a primeira técnica e 0,01 mg/L para a segunda.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em eletrodomésticos e similares.

Máquinas e equipamentos de pequeno porte

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 2 (13%) realizam análise de mercúrio em máquinas e equipamentos de pequeno porte. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 2 laboratórios, 1 está localizado no estado de São Paulo e outro no Rio Grande do Sul. O laboratório de São Paulo utiliza para determinação de mercúrio as técnicas analíticas FRX, ICP-OES e AAS, com LQ de 200 - 1300 mg Hg/kg para a primeira técnica e 10 mg Hg/kg para as duas últimas. Já o laboratório do Rio Grande do Sul utiliza FRX e CVAAS, sendo o LQ de 20 mg Hg/kg para a primeira técnica e 0,01 mg/L para a segunda.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em máquinas e equipamentos de pequeno porte.

Máquinas e equipamentos de medição e controle

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 2 (13%) realizam

análise de mercúrio em máquinas e equipamentos de medição e controle, sendo que os mesmos também realizam análise de mercúrio em máquinas e equipamentos de pequeno porte e em eletrodomésticos e similares. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 2 laboratórios, 1 está localizado no estado de São Paulo e outro no Rio Grande do Sul. O laboratório de São Paulo utiliza para determinação de mercúrio as técnicas analíticas ICP-OES e AAS, com LQ de 10 mg Hg/kg para as duas técnicas. Já o laboratório do Rio Grande do Sul utiliza FRX e CVAAS, sendo o LQ de 20 mg Hg/kg para a primeira técnica e 0,01 mg/L para a segunda.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em máquinas e equipamentos de medição e controle.

Motores, equipamentos e materiais elétricos, incluindo baterias, pilha e acumulador

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, 6 (38%) realizam análise em motores, equipamentos e materiais elétricos, incluindo baterias, pilha e acumulador. Estes laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 6 laboratórios, 4 estão localizados no estado de São Paulo e 1 na Bahia e Rio Grande do Sul. As técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio são: FRX, CVAAS, AAS e ICP-OES, sendo a técnica CVAAS e ICP-OES utilizadas por três laboratórios. Os LQs variam de 0,05 mg Hg/kg a 1300 mg Hg/kg e de 0,0008 mg Hg/L a 0,01 mg/L.

Não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em motores, equipamentos e materiais elétricos. Especificadamente às pilhas, baterias e acumuladores, conforme apresentado no Apêndice 1, a Resolução CONAMA nº 40 de 2008 estabelece como limite o teor de mercúrio inferior a 2,0% em peso (20.000 mg Hg/kg) de pilhas-botão, baterias de pilhas-botão e pilhas miniatura dos tipos zinco-manganês e alcalino-manganês. Para baterias de chumbo ácido, a Resolução admite teor de mercúrio de 0,005% em peso (50 mg Hg/kg). Os LQs obtidos pelos laboratórios são suficientes para atender a Resolução vigente.

Máquinas para escritório e equipamentos de informática

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 3 (19%) realizam análise de mercúrio em máquinas para escritório e equipamentos de informática, sendo os mesmos que realizam análise de mercúrio em eletrodomésticos e similares. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 3 laboratórios, 2 estão localizados no estado de São Paulo e 1 no Rio Grande do Sul. As técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio são: FRX, com LQ de 200 - 1300 mg Hg/kg; ICP-OES, com LQ de 62,5 mg Hg/kg; e FRX e ICP-OES, sendo o LQ de 20 mg Hg/kg para a primeira técnica e 0,01 mg/L para a segunda. Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em máquinas para escritório e equipamentos de informática.

Equipamentos e tecnologia da informação

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 3 (19%) realizam análise de mercúrio em equipamentos e tecnologia da informação, sendo os mesmos que realizam análise de mercúrio em máquinas para escritório e equipamentos de informática. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Dos 3 laboratórios, 2 estão localizados no estado de São Paulo e 1 no Rio Grande do Sul. As técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio são: FRX, ICP-OES e AAS, com LQ de 200 - 1300 mg Hg/kg para a primeira técnica e 10 mg Hg/kg para as outras duas; ICP-OES, com LQ de 62,5 mg Hg/kg; e FRX e ICP-OES, sendo o LQ de 20 mg Hg/kg para a primeira técnica e 0,01 mg/L para a segunda.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em equipamentos e tecnologia da informação.

Cimento, matérias-primas, concreto e aditivos

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 1 (6%) realiza

análise de mercúrio em cimento, matérias-primas, concreto e aditivos, conforme apresentando no Apêndice 2.

O laboratório está localizado no estado de São Paulo e utiliza HGAAS como técnica analítica para determinação de mercúrio. O LQ obtido é de 0,2 mg Hg/kg e 0,0008 mg Hg/L.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em cimento, matérias-primas, concreto e aditivos.

Massa niveladora

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 1 (6%) realiza análise de mercúrio em massa niveladora, conforme apresentando no Apêndice 2.

O laboratório está localizado no estado de São Paulo e utiliza ICP-OES como técnica analítica para determinação de mercúrio. O LQ obtido é de 0,625 mg Hg/kg.

Conforme pesquisa realizada, não foi localizada legislação ou norma referente à presença de mercúrio em massa niveladora.

Fertilizantes

Dos 16 laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, apenas 3 (19%) realizam análise de mercúrio em fertilizantes. Os laboratórios, suas localizações em termos de UF, técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio e LQs, estão apresentados no Apêndice 2.

Os laboratórios estão localizados nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. As técnicas analíticas utilizadas para determinação de mercúrio são: EFA, com LQ de 0,025 mg Hg/kg; ICP-OES, com LQ de 0,20 mg Hg/kg; e CVAAS, sendo o LQ de 0,10 mg Hg/kg.

Conforme apresentado no Apêndice 1, a Instrução Normativa SDA nº 27 de 2006, da Secretária de Defesa Agropecuária, alterada pela IN SDA nº 7 de 2016 determina 0,20 mg Hg/kg como valor máximo permitido de mercúrio na massa total de fertilizantes minerais com nitrogênio, potássio, macro nutrientes secundários, para os com até 5%

de P₂O₅ e os demais não especificados no anexo I da Instrução Normativa. O limite máximo de mercúrio em substratos para plantas é de 2,5 mg Hg/kg. O limite máximo de mercúrio em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo é de 1,00 mg Hg/kg.

Por fim, o limite máximo de mercúrio admitidos em fertilizantes minerais que contenham o nutriente fósforo, micronutrientes ou com fósforo e micronutrientes em mistura com os demais nutrientes é de 0,05 mg Hg/Kg por ponto percentual de P₂O₅ e 10 mg Hg/Kg por ponto percentual da somatória de micronutrientes. Os LQs dos três laboratórios atendem à Instrução Normativa.

5 LABORATÓRIOS DE REFERÊNCIA OFICIAIS

Duas grandes redes de laboratórios de referência oficiais foram identificadas, a Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária (RNLVISA)⁸ e a Rede de Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária – LFDAs (antigos LANAGROS)⁹.

Além desta, há também a Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde (REBLAS), que é constituída por laboratórios analíticos, públicos ou privados, habilitados pela ANVISA, “capazes de oferecer serviços de interesse sanitário com qualidade, confiabilidade, segurança e rastreabilidade”. Para ser habilitado nesta rede, no caso de análises laboratoriais, é necessária a acreditação segundo a norma vigente ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Portanto, estes laboratórios já foram considerados na lista de laboratórios certificados pelo INMETRO. Dos 125 laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos para análise mercúrio, 49 laboratórios constavam também da rede REBLAS, em maio de 2019. A consulta a esta Rede pode ser feita no site: <<http://portal.anvisa.gov.br/reblas>>.

5.1 Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária (RNLVISA)

Esta rede é atualmente formada pelos 27 Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACENs), um em cada unidade da federação, mais o Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde – INCQS (Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ) e 5 laboratórios

⁸ <http://portal.anvisa.gov.br/laboratorios-analiticos>

⁹ <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/lanagros>

municipais (Belo Horizonte, Manaus, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo). O Laboratório Central de Saúde Pública do Distrito Federal e o Laboratório de Controle de Qualidade em Saúde do município de São Paulo fazem determinação de mercúrio em carnes, produtos cárneos, pescados e derivados. O Instituto Adolfo Lutz em São Paulo e três laboratórios centrais estaduais fazem análise de mercúrio em alimentos (LACEN/MG, LACEN/CE, LACEN/DF). Sete laboratórios fazem análise de mercúrio em água (Instituto Adolfo Lutz de SP, Fiocruz do RJ, LACEN/MG, LACEN/CE, LACEN/SC, LACEN/PA e Laboratório de Controle de Qualidade em Saúde, do município de São Paulo). Um laboratório faz análise de mercúrio na área de medicamentos (FIOCRUZ, Rio de Janeiro).

Os laboratórios da rede RNLVISA que analisam mercúrio não estão bem distribuídos geograficamente, sendo que, dos 9 que analisam mercúrio, a região Norte conta 2 laboratórios, as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul contam somente com 1 laboratório cada e a região Sudeste conta com 4 laboratórios (44,4%).

As verificações feitas por contato telefônico com esses laboratórios, exceto LACEN-AM, mostraram que, além da concentração de laboratórios na região Sudeste, aqueles que estão em melhores condições de atuação e com número mais amplo de matrizes analisadas são também os da região Sudeste. Ainda, são estes os laboratórios que estão realizando as análises de forma contínua, pois os demais, ou estão com problemas sérios de manutenção de equipamentos, ou tem equipamento com sensibilidade abaixo da necessária e esperam solução para retomar as análises. A única exceção fora da região Sudeste é o do LACEN do estado do Pará, que está em condições de realizar as análises para as matrizes previstas e com método (ICP-MS) diferenciado de todos os demais, exceto INCQS/FIOCRUZ-RJ, que permite inclusive a especiação e determinação de mercúrio orgânico, em especial o metilmercúrio, quando acoplado a cromatógrafo. Os LACENs não constam na lista de laboratórios acreditados pelo INMETRO para análise de mercúrio.

Portanto, há um problema de distribuição geográfica e de condições para realizar as análises de mercúrio em muitos dos laboratórios, pois 4 (50%) dos 8 laboratórios com os quais obteve-se informações diretas por contato telefônico necessitam de melhorias. Destes, 3 estão com equipamento parado necessitando manutenção e 1 precisa implantar novo método, pois o atual não tem a sensibilidade necessária para atender os

limites regulamentados. Estes problemas ocorrem nas regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste.

Importante ressaltar que a análise depende também de insumos (reagentes, gases, etc.) para que as análises sejam realizadas. Segundo informações obtidas, a aquisição de insumos e também a manutenção preventiva periódica e a corretiva, apresentam dificuldades.

5.2 Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária – LFDAs

Os Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária – LFDAs, são laboratórios oficiais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e possuem as seguintes atribuições: “realizar análises oficiais; atuar como referência nacional em assuntos laboratoriais; realizar auditoria em laboratórios credenciados; realizar ações de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação em métodos analíticos; atuar como Centro regional de difusão de tecnologia e expertise; realizar estudos; manter banco de material de referência”.

Existiam, em abril de 2019, 6 LFDAs, com unidades servindo todas as regiões do Brasil, localizadas em Belém/PA; Recife/PE; Goiânia/GO; Pedro Leopoldo/MG, com unidades avançadas em Belo Horizonte, Andradas e Varginha; Campinas/SP, com unidade avançada em Jundiaí; Porto Alegre/RS, com unidade avançada em São José/SC.

Segundo informações disponibilizadas no site do INMETRO, dos 125 laboratórios ativos que fazem análise de mercúrio e possuem acreditação segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, 4 são Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária: Laboratório Nacional Agropecuário de Minas Gerais, (LFDA-MG) base física de Pedro Leopoldo (CRL 0350); Laboratório Nacional Agropecuário de Pernambuco (LFDA_PE), unidade física Dois Irmãos (CRL0484); Laboratório Nacional Agropecuário do Rio Grande do Sul (LFDA-RS), base física de Ponta Grossa/Porto Alegre (CRL 0384) e Laboratório Nacional Agropecuário em São Paulo (LFDA-SP), base física de Campinas (CRL 0389).

LFDA-MG: segundo acreditação, o laboratório de Minas Gerais realiza análise de mercúrio em peixes, músculo equino e em leite, utilizando o método de AAS por combustão e amalgamação com ouro. Em contato com o laboratório confirmou-se a

informação. O LQ conforme Acreditação INMETRO CRL0350 é de: leite, 24 µg/kg; músculo equino, 8,8 µg/kg; peixe, 21,9 µg/kg.

LFDA-PE: segundo acreditação, o laboratório realiza análise de mercúrio em pescados e produtos da pesca, utilizando o método de HGAAS com combustão e amalgamação com ouro. Em contato com o laboratório confirmou-se a informação. O LQ conforme Acreditação INMETRO CRL0350 é de 50 µg/kg para todos os produtos analisados.

LFDA-RS: segundo a acreditação constante no site do INMETRO, o laboratório do Rio Grande do Sul faz análise de mercúrio em músculo de pescado, músculo bovino, de suíno e de ave, utilizando a técnica de CVAAS. Esta informação está condizente com a disponibilizada por contato telefônico. O LQ conforme Acreditação INMETRO CRL0350 é de 7,69 µg/kg para músculo de pescado e para músculo bovino, suíno e ave é de 6,00 µg/kg

LFDA-SP: conforme certificado INMETRO, laboratório de São Paulo realiza análise de mercúrio em pescado, carne suína, bovinos e aves, utilizando também o método de AAS por combustão e amalgamação com ouro (TDAAS). O LQ para essas matrizes é de 5,0 µg/kg. Em contato com telefônico com este laboratório verificou-se que o equipamento foi transferido para o LFDA de Goiânia.

Em contato com o laboratório de Goiânia, foi verificado que receberam o aparelho de do LFDA de Campinas, confirmando informação acima, e estão em fase de preparação para acreditação, para análise de fertilizantes.

Em relação ao laboratório de Belém, não foi encontrada nenhuma certificação ou acreditação para análise de mercúrio.

6 OUTROS LABORATÓRIOS

Deve-se ainda destacar que há vários laboratórios destinados ao ensino e à pesquisa, localizados em diferentes instituições no Brasil, que realizam análise de mercúrio em diferentes matrizes. Entretanto, estes laboratórios, em sua maioria, realizam análises apenas para fins acadêmicos, em geral não são certificados devido ao alto custo do

processo de acreditação e sua manutenção. Portanto, estes laboratórios não vão ser contabilizados neste trabalho.

Destes, destacamos três laboratórios, o Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental (LEMA) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM); o Laboratório de Determinação de Mercúrio (LDM) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CNEN), autarquia vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o laboratório do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

O Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental (LEMA/CETEM), localizado no Rio de Janeiro, possui como principal atribuição o fomento interno e à pesquisa. Entretanto, pode realizar análises de mercúrio para outros grupos e empresas, por meio de parcerias, como no caso de Universidades, ou prestação de serviços. As matrizes analisadas pelo laboratório são: solo, sedimento, músculo de peixe (animais marinho em geral), plantas, água, água residual, cabelo humano e urina. Para as matrizes líquidas utiliza, para determinação de mercúrio, a técnica analítica espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GFAAS), sendo o LQ de 0,000005 mg/L. Para amostras sólidas utiliza-se a espectrometria de absorção atômica com vapor frio (CVAAS), sendo o LQ de 0,0005 mg/kg.

O Laboratório de Determinação de Mercúrio (LDM /CNEN), localizado em Minas gerais, realiza apenas análises internas (projetos internos e pesquisas). Por contato telefônico verificou-se que o laboratório realiza análises de mercúrio apenas em matrizes ambientais, como solo, sedimento e peixes, sendo a água o principal foco. Para determinação de mercúrio a técnica analítica utilizada é a espectrometria de absorção atômica com vapor frio (CVAAS), sendo o LQ de 0,0001 mg/L para amostras líquidas e 0,25 mg/kg.

O Laboratório de Caracterização do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) é uma autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDE) do Governo do Estado de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), do Governo Federal. Está localizado em São Paulo

e já obteve acreditação INMETRO para análise de mercúrio em peixes, por Determinação de mercúrio por Espectrofotometria de Absorção Atômica (CVAAS), com LQ: 15 µg/kg, estando suspenso atualmente no INMETRO.

Existem também grupos de pesquisa que realizam análise de mercúrio em vários institutos e universidades. Por exemplo, a Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas¹⁰, no Pará, pertencente ao Ministério da Saúde, tem tradição na análise de mercúrio, assim como o Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, do Instituto de Biofísica de Biofísica Carlos Chagas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)¹¹ e o Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Apesar de não serem certificados pelo Norma NBR ISO 17025:2017, estes grupos têm trabalhos de comparação entre laboratórios, ou de comparação com amostras padrão, que garantem a precisão e exatidão do método.

Laboratórios clínicos também fazem análise de metais, dentre eles o mercúrio, no sangue, urina e no cabelo. Eles são em grande número e também podem ser considerados para os objetivos deste trabalho.

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral do trabalho foi de realizar a avaliação da capacidade laboratorial nacional para mensuração de mercúrio em diferentes matrizes e como objetivos específicos quantificar os laboratórios de referência existentes que trabalham com a mensuração de mercúrio e identificar as principais matrizes utilizadas pelos laboratórios e os métodos de análise utilizados.

A capacidade brasileira de análise de mercúrio foi verificada em relação às matrizes que devem ser consideradas para análise laboratorial de mercúrio, bem como os métodos analíticos utilizados, com vista ao atendimento da Convenção.

Foram levantados 125 laboratórios certificados pelo INMETRO e ativos para análise de mercúrio, apresentados segundo as matrizes analisadas, métodos de análise utilizados e distribuição geográfica.

¹⁰ <http://www.iec.gov.br/portal/secao-meio-ambiente-samam/>

¹¹ <http://biof.ufrj.br/pt-br/node/18>

Duas grandes redes de laboratórios de referência oficiais foram identificadas a Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária (RNLVISA), com 9 unidades, e a Rede de Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária (LFDAs), com 5 laboratórios, além da Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde (REBLAS) que inclui 49 laboratórios privados acreditados.

Não podem ser esquecidos os laboratórios de institutos de pesquisa e de universidades, que mesmo não tendo certificação ou acreditação, seguem em geral procedimentos que levam à boa confiabilidade nos resultados e que tem feito um importante trabalho na área de determinação de mercúrio. Existem também os laboratórios clínicos privados que realizam análise de mercúrio em amostras biológicas humanas, em especial sangue e urina.

Os resultados mostram que há uma concentração muito grande de laboratórios no Sudeste, em especial no estado de São Paulo. As matrizes ambientais preponderaram com 57% de participação, seguida do grupo “produtos de consumo e similares” com 21% e em terceiro lugar o grupo “saúde e segurança humanas” com 12%.

Em relação a matrizes específicas, a água e água residual, mostraram-se como as matrizes melhor servidas por laboratórios acreditados, vindo a seguir resíduos e depois solo e sedimentos. Portanto, as matrizes ar e emissões atmosféricas apresentaram menor disponibilidade de laboratórios certificados.

Na área de saúde e segurança humanas também há menor disponibilidade, evidenciado pela ausência de laboratórios certificados para análise de leite humano e urina. Isto provavelmente é fruto da baixa demanda pois os laboratórios que analisam matrizes similares podem validar os métodos para estas matrizes e obter acreditação do Inmetro. Esta observação é válida também para várias das outras matrizes que não estejam sendo bem servidas atualmente. Há deficiência de laboratórios acreditados para realização de análise de mercúrio orgânico.

As técnicas utilizadas para análise, para mercúrio total, se mostraram, com raras exceções, condizentes com os limites máximos de mercúrio regulamentados, bem como atendem aos níveis de referência de normalidade da população não exposta, para cabelo, sangue humano e urina. Há deficiência quanto a uso de métodos que permitem

a especificação dos compostos, talvez pela baixa demanda para este tipo de análise, pois em geral os limites legais estão fixados em mercúrio total ou mercúrio elementar, mas as técnicas de análise disponíveis (AAS, AFS e ICP-MS) permitem, com as devidas modificações no tratamento das amostras e na forma de extração, utilizá-las também para especificação do mercúrio.

No setor governamental, o número de laboratórios que fazem análise de mercúrio ainda é pequeno. As matrizes analisadas são em sua maioria água para consumo humano e água para diálise, e em muito menor extensão alimentos, representados pelos pescados. Em relação à distribuição geográfica, no caso do setor saúde, com os LACENs, ocorre também concentração no Sudeste, com 44,4% dos laboratórios previstos para realizar análise deste metal. Contudo, todas as regiões estão servidas, por pelo menos 1 laboratório. No entanto, muitos estão parados, por dificuldades em manter os equipamentos e obter insumos para proceder às análises necessárias, conforme definido no escopo da rede, principalmente aqueles localizados fora da região Sudeste. Esta rede governamental é complementada pela rede REBLAs, que inclui laboratórios da iniciativa privada e tem atualmente 49 laboratórios certificados pelo INMETRO.

Para produtos agropecuários, representados pelos LFDAs, o serviço de monitoramento é feito atualmente por apenas por 3 laboratórios que tem capacidade de análise de mercúrio, no Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Pernambuco e mais um que se prepara para iniciar os trabalhos (LFDA-GO).

Em relação às necessidades de implementação da Convenção de Minamata e de obtenção de dados de conteúdo de mercúrio para municiar inventários de fontes de emissão e liberação de mercúrio, já existe uma capacidade instalada, com técnicas de análise adequadas, podendo apresentar ainda alguma dificuldade para materiais específicos, como análise de rochas naturais, algumas matérias primas, combustíveis, mas que se referem mais ao desenvolvimento e validação de métodos de análise para matrizes específicas, o que é um procedimento normal em laboratórios de análise química, quando há demanda de análise em novas matrizes.

REFERÊNCIAS

APOSTOLI, P.; CORTESI, I.; MANGILI, A.; ELIA, G.; DRAGO, I.; GAGLIARDI, T.; SOLEO, L.; VALENTE, T.; SCIARRA, G.F.; APREA, C. A.; RONCHI, A.; MINOIA, C.; Assessment of reference values for mercury in urine: the results of an Italian polycentric study. **Science of the Total Environment**, 289(1-3), 13-24, 2002.

BERNHOF, R.A. Mercury toxicity and treatment: A Review of the Literature. **Journal of Environmental and Public Health**, vol 2012, 2012. Article ID 460508, doi:10.1155/2012/460508.

COUNTERA, S.A., BUCHANAN, L.H. Mercury exposure in children: a review. **Toxicology and Applied Pharmacology**, 198: 209–230, 2004.

GONÇALVES, C.; FÁVARO, D.I. Determinação de mercúrio em amostras geológicas via separação radioquímica. **Encontro de Aplicações Nucleares**, VI, Poços de Caldas, Anais, (CDROM), 1997.

HARRIS, D. **Análise química quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HACON, S., BARROCAS, P.R.G., VASCONCELLOS, A.C.S. de, BARCELLOS, C., WASSERMAN, J.C., CAMPOS, R.C. RIBEIRO, C., AZEVEDO-CARLONI, F.B.. Uma revisão das pesquisas sobre contaminação por mercúrio na Amazônia com ênfase no território brasileiro. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 24(7):1479-1492, jul, 2008.

HEYDORN, Kaj. Radiochemical neutron activation analysis. **Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation**, 2006.

HOU, X.; AMAIS, R.S.; JONES, B.T.; DONATI, G.L. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry. **Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation**, p. 1-25, 2006.

INSTITUTO AVALIAÇÃO – Instituto Avaliação, Pesquisas, Programas e Projetos Socioambientais. **Análise dos Marcos Regulatórios para Identificação de Lacunas e Reformas Regulatórias Necessárias para a Ratificação e Implementação Antecipada da Convenção de Minamata No Brasil**. [Relatório técnico]. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2017.

KEHRIG, H.A.; COSTA, M.; MOREIRA, I.; MALM, O. Total and methylmercury in a Brazilian estuary, Rio de Janeiro. **Marine Pollution Bulletin**, v.44, p.1018-1022, 2002.

LEOPOLD, K.; FOULKES, M.; WORSFOLD, P. Methods for the determination and speciation of mercury in natural waters—a review. **Analytica chimica acta**, v. 663, n. 2, p. 127-138, 2010.

MICARONI, R.C.C.M.; BUENO, M.I.M.S., JARDIM, W.F. Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química Nova**, 2000.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Convenção de Minamata sobre Mercúrio: Texto e Anexos**. Genebra: UNEP, mar. 2014. Disponível em

<http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80037/Mercurio/Convencao_Minamata.pdf
f> Acesso em: 29 março. 2019.

OPS/OMS - Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. **Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia: teoría y práctica para el fortalecimiento de la vigilancia de salud de poblaciones expuestas a mercurio.** - La Paz, OPS/OMS, 2011.

PARK, J. & ZHENG, W. Human exposure and health effects of inorganic and elemental mercury. **Journal of Preventive Medicine and Public Health**, 45(6), 344-352, 2012. doi:10.3961/jpmph.2012.45.6.344

PASSOS, C. J. S., & MERGLER, D. Human mercury exposure and adverse health effects in the amazon: A review. **Cadernos de Saúde Pública**, 24(SUPPL.4), S503-S520, 2008.

PEREIRO, R.I.; DÍAZ, C. A. Speciation of mercury, tin, and lead compounds by gas chromatography with microwave-induced plasma and atomic-emission detection (GC-MIP-AED). **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 372, n. 1, p. 74-90, 2002.

QUIMBY, B. D.; SULLIVAN, J.J. Evaluation of a microwave cavity, discharge tube, and gas flow system for combined gas chromatography-atomic emission detection. **Analytical Chemistry**, v. 62, n. 10, p. 1027-1034, 1990.

QVARNSTRÖM, J. **On the reliability of methods for the speciation of mercury based on chromatographic separation coupled to atomic spectrometric detection.** 2003. Tese de Doutorado.

RICE, K. M., WALKER JR., E. M., WU, M., GILLETTE, C., & BLOUGH, E. R. Environmental mercury and its toxic effects. **Journal of Preventive Medicine and Public Health**, 47(2), 74-83, 2014. doi:10.3961/jpmph.2014.47.2.74.

SATO, K., KAWASHITA, K. Espectrometria de massas em Geologia Isotópica. **Geologia USP. Série Científica**, v. 2, p. 57-77, 2002.

SELIN, N.E. Global Biogeochemical Cycling of Mercury: A Review. **Annu. Rev. Environ. Resour**, p. 34:43-63, 2009.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; CROUCH, S.R. **Principles of instrumental analysis.** Cengage learning, 2014.

SOARES, B. M. **Desenvolvimento de método para determinação de espécies de mercúrio empregando MSPD e GC-MS.** Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Dissertação de Mestrado, Rio Grande do Sul, RS: 2012.

SUVARAPU, L.N.; BAEK, S-O. Recent developments in the speciation and determination of mercury using various analytical techniques. **Journal of analytical methods in chemistry**, v. 2015, 2015.

SUVARAPU, L.N.; BAEK, S-O. Recent studies on the speciation and determination of mercury in different environmental matrices using various analytical techniques. **International journal of analytical chemistry**, v. 2017, 2017.

SUVARAPU, L.N.; SEO, Y-K.; BAEK, S-O. Speciation and determination of mercury by various analytical techniques. **Reviews in Analytical Chemistry**, v. 32, n. 3, p. 225-245, 2013.

TORRES, D.P. **Mercúrio**: validação de método para determinação em peixe e camarão e avaliação da sua distribuição em tecidos de caranguejos e efeito da presença de selênio. Universidade Estadual de Campinas. Tese de Doutorado. Campinas, SP: 2013.

URIA, J.E.S.; SANZ-MEDEL, A. Inorganic and methylmercury speciation in environmental samples. **Talanta**, v. 47, n. 3, p. 509-524, 1998.

WORLD HEALTH ORGANISATION – WHO AND UNITED NATIONS ENVIROMENT PROGRAMME - UNEP. **Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure**. Geneva, Switzerland, August 2008

Apêndice 1

Tabela A1. Informações levantadas sobre legislação, normas e limites de mercúrio estabelecidos.

Matrizes	Norma/legislação	Limite	Observação
Água para consumo humano	Portaria MS nº 2.914 de 12/12/2011	Estabelece limite máximo de tolerância para contaminação por mercúrio na água potável de 0,001 mg/L.	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
	Resolução CONAMA nº 396, de 3/04/2008	Estabelece como limite máximo de concentração de Hg para água destinada para consumo humano em: 1 µg/L.	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
	Resolução ANVISA nº 274 de 15/09/2005	Estabelece o limite máximo de tolerância para contaminação de mercúrio na água em 0,001 mg/L.	Aprova o "Regulamento Técnico para Águas Envasadas e Gelo"
	Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005	Estabelece o limite máximo de tolerância para mercúrio total em águas doce e águas salinas Classe 1 em: 0,0002 mg/L; para mercúrio total em águas doce Classe 3 em: 0,002 mg/L; para mercúrio total em águas salinas e águas salobras Classe 2 em: 1,8 µg/L; para mercúrio total em águas salobras Classe 1 em: 0,0002 mg/L.	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.
Água para saúde humana (Água para diálise, água para hemodiálise, dialisato e água para injetáveis)	Resolução ANVISA nº 11, de 13/03/2014	Estabelece o teor máximo de mercúrio na água para uso em hemodiálise em 0,0002 mg/l.	Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e dá outras providências.
	Resolução ANVISA/RDC Nº 8, de 2/01/2001	Estabelece como limite máximo permitido: 0,001 mg Hg/L	Regulamento Técnico fixa os requisitos mínimos exigidos para as Boas Práticas de Fabricação do Concentrado Polieletrólítico para Hemodiálise - CPHD.
Água residual	Resolução CONAMA nº 393 de 8/08/2007	NA	Exige que as plataformas marítimas de produção de petróleo e gás natural monitorem continuamente o Hg nas águas produzidas no processo.

Tabela A1. Informações levantadas sobre legislação, normas e limites de mercúrio estabelecidos. Continuação 1

Matrizes	Norma/legislação	Limite	Observação
Alimentos e bebidas	Decreto Federal nº 55.871 de 26/03/1965	Estabelece o limite de contaminação com mercúrio para qualquer alimento em 0,05 ppm.	Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962.
	Resolução ANVISA nº 42, de 29/08/2013	Peixes, exceto predadores: 0,5 mg/kg; Peixes predadores: 1 mg/kg; Moluscos cefalópodos: 0,5 mg/kg; Moluscos bivalvos: 0,5 mg/kg; Crustáceos: 0,5 mg/kg.	Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos.
Ar (higiene ocupacional)	Norma Regulamentadora NR 15, Ministério do Trabalho, Anexo 11	Estabelece o limite máximo de exposição ocupacional ao mercúrio em 0,04 mg/m ³ em jornadas de trabalho de até 48 horas semanais.	Considera insalubridade de grau máximo ambientes com exposição de mercúrio (na forma orgânica e inorgânica).
Artigos escolares	Norma ABNT NBR 15236:2016	Não podem apresentar migração de mercúrio superior a 60 mg/kg.	Estabelece variação máxima da taxa de 25 mg/kg.
Artigos para festas	Norma ABNT NBR 15236:2016	Estabelece limite de migração máximo de mercúrio em 60 mg/kg, a partir do material do artigo para festas.	Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade de artigos para festas.
Brinquedos e produtos infantis	Portaria INMETRO nº 563, de 29/12/2016	Estabelece que os diferentes materiais que compõem os brinquedos, exceto massa para modelar e tinta para pintar com os dedos, não podem apresentar migração de mercúrio superior a 60 mg/kg; Massa para modelar e tinta para pintar com os dedos não podem apresentar migração de mercúrio superior a 25 mg/kg.	Além dos limites impostos, a Portaria estabelece que: - os brinquedos não podem ser fabricados com materiais e componentes contendo mercúrio metálico; e, - os brinquedos elétricos não podem utilizar disjuntor térmico, que possa ser religado por operação de soldagem, e nem chaves de mercúrio.
	Portaria INMETRO no 108, de 13/06/2005.	Estabelece que a biodisponibilidade diária de mercúrio resultante do uso dos brinquedos não deve exceder de 0,5 µg.	

Tabela A1. Informações levantadas sobre legislação, normas e limites de mercúrio estabelecidos. Continuação 2

Matrizes	Norma/legislação	Limite	Observação
Cabelo humano	Organização Mundial da Saúde, WHO/UNEP (2008)	Valores normais para pessoas não expostas e sem consumo de peixe contaminado: 1 a 2 µg/g.	AAS, CVAAS, ICP-OES, ICP-MS são as técnicas mais utilizadas para esta determinação. CVAAS é a mais utilizada. (WHO/UNEP, 2008).
Chupeta	Norma ABNT- NBR 10334:2003	-	Estabelece que os resíduos de chupetas, deixadas de molho por 10 dias em água destilada, não podem conter metais pesados, entre eles mercúrio.
Corantes	Resolução ANVISA nº 52, de 26/11/2010	Corantes em embalagens e equipamentos plásticos destinados para embalar alimentos não devem contar com teores de mercúrio superiores a 0.005% m/m solúvel em HCl 0,1 N; e, o Limite de Migração Específica (LME) para o Hg é de 0,005 mg/kg.	Dispõe sobre corantes em embalagens e equipamentos plásticos destinados a estar em contato com alimentos.
Efluente Líquido	Resolução CONAMA nº 430, de 13/05/2011	Estabelece como padrão máximo de lançamento de efluente líquido com Hg em: 0,01 mg/L.	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
	Norma NBR 9800:1987	0,01 mg Hg/L	Estabelece critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário.
Emissões atmosféricas	Resolução CONAMA nº 264, de 26/08/1999	Limite de emissão de mercúrio durante o coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer: 0,05 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca).	Dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos.
	Decisão de Diretoria CETESB nº 27/2008/P, de 04/03/2008	Estabelece o limite de emissão de mercúrio em 0,25 mg/Nm ³ (base seca a 8% de O ₂)	Dispõe sobre a aprovação do Procedimento para Utilização de Resíduos não Perigosos da Indústria Têxtil em Caldeiras, no Estado de São Paulo.

Tabela A1. Informações levantadas sobre legislação, normas e limites de mercúrio estabelecidos. Continuação 3

Matrizes	Norma/legislação	Limite	Observação
Embalagens	Resolução ANVISA nº 88, de 29/06/2016	Para embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos: 0,3 µg/g de produto acabado. Para amidos e féculas destinados à auxiliar na colagem interna e superficial das embalagens: 2 mg Hg/kg. Para Alginatos de sódio, potássio, amônio, cálcio e de 1,2-propanodiol destinados à auxiliar na colagem interna e superficial das embalagens: 1 mg Hg/kg . Para determinadores galactomananos destinados à auxiliar na colagem interna e superficial das embalagens: 1 mg Hg/kg . Para corantes e pigmentos: 0,005% de Hg (m/m).	Aprova o regulamento técnico sobre materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos e dá outras providências.
	Resolução ANVISA nº 90, de 29/06/2016	A contaminação por mercúrio das cargas (listadas nos itens 3.3.1 a 3.3.6) não pode exceder 0,0005% em HCl 0,1 N; para o amido natural e modificado, amido esterificado com ácido fosfórico, Amido tratado com cloreto de 3-cloro-2-hidroxi-propil-trimetilamônia ou cloreto de glicidil trimetilamônia (especificação do amido: epicloridrina, máx. 1mg/kg ; nitrogênio, máx. 4,0%), utilizados como ligantes e agentes de colagem, o Hg não pode exceder 2 mg/kg .	Aprova o regulamento técnico sobre materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos durante a cocção ou aquecimento em forno e dá outras providências.
	Resolução ANVISA nº 105, de 19/05/1999	Estabelece que as embalagens e equipamentos plásticos destinados a entrar em contato com alimentos não devem conter teores superiores a 0,005 % m/m de mercúrio solúvel em HCl 0,1 N.	Aprova os Regulamentos Técnicos: Disposições Gerais para Embalagens e Equipamentos Plásticos em contato com Alimentos
	Resolução ANVISA nº 20, de 22/03/2007	Estabelece que para os materiais metálicos usados em embalagens, revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos em contato com alimentos o limite máximo de impurezas individual para o mercúrio é de 0,01%.	Aprova o “Regulamento Técnico sobre Disposições para Embalagens, Revestimentos, Utensílios, Tampas e Equipamentos Metálicos em Contato com Alimentos”.

Tabela A1. Informações levantadas sobre legislação, normas e limites de mercúrio estabelecidos. Continuação 4

Matrizes	Norma/legislação	Limite	Observação
Equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos	Resolução ANVISA n. 145, de 21/03/2017	NA	Proíbe, em todo o território nacional, a fabricação, importação e comercialização, assim como o uso em serviços de saúde, de termômetros e esfigmomanômetros com coluna de mercúrio.
	Portaria INMETRO n° 153, de 12/08/2005	NA	Aprova o Regulamento Técnico Metrológico
	Portaria INMETRO n° 441, de 23/11/2011	NA	Proíbe a utilização do mercúrio para os termômetros Tipo I (-10 °C a 50 °C) de divisão de 0,5 °C.
Fertilizantes e substratos para plantas	Instrução Normativa MAPA/SDA n. 27 de 5/06/2006, alterada pela Instrução Normativa MAPA/SDA n. 7 de 12/04/2016	Estabelece: a) limite máximo de mercúrio admitidos para fertilizantes minerais com nitrogênio, potássio, macronutrientes secundários, para os com até 5% de P2O5 em 0,2 mg/kg na massa total do fertilizante; b) limite máximo de mercúrio em substratos para plantas em 2,5 mg/kg; - limite máximo de mercúrio para fertilizantes orgânicos em 1 mg/kg.	
Implantes mamários	Resolução RDC n°16, de 21/03/2012; Norma ISO 14949:2001	$\leq 10 \times 10^{-6}$ ppm (ou 0,001% do implante).	A Norma é citada pela Resolução RDC n°16, de 21/03/2012, no estabelecimento do limite máximo a ser atendido.
Mamadeira e bico de mamadeira	Não tem	Não existe regulação específica para limite de Hg, pois a Resolução ANVISA n° 52, de 26/11/2010, engloba este tipo de produto.	Alguns dispositivos legais sobre mamadeiras são: Lei n° 11.265, de 3/01/2006 e Portaria INMETRO n° 490, de 06/11/2014.
Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes	Resolução ANVISA/RDC n° 162, DE 11/09/2001	Estabelece que o total de mercúrio não pode ser maior que 0,007% no produto final.	Estabelece que compostos mercuriais (tiosalicilato de etilmercurio sódico (tiomersal)) são permitidos apenas para produtos para área dos olhos.

Tabela A1. Informações levantadas sobre legislação, normas e limites de mercúrio estabelecidos. Continuação 5

Matrizes	Norma/legislação	Limite	Observação
Produtos médico-farmacêuticos	Resolução ANVISA/RDC nº 24, de 14/07/2011	NA	Estabelece que empresas fabricantes de medicamentos apresente laudos de presença ou contaminação de metais pesados em determinados extratos e derivados vegetais utilizados para a fabricação do medicamento.
Resíduos especiais, Bateria, Pilha ou acumulador, tipo botão, pilha em miniatura, outros	Resolução CONAMA nº 401 de 5/11/2008	Estabelece como limite o teor de mercúrio inferior a 2,0% (dois por cento) em peso de pilhas-botão, baterias de pilhas-botão e pilhas miniatura dos tipos zinco-manganês e alcalino-manganês. Baterias de chumbo ácido admitem teor de mercúrio de 0,005% em peso, ou 50 ppm.	Art. 4, Anexo A
Resíduos sólidos	Instrução Normativa do MS nº 46, de 6/10/2011	Limites máximos de mercúrio admitido em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não-orgânicos: 0,4 mg/kg-1 de matéria seca.	Estabelecer o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção.
	Resolução CONAMA nº 375, de 29/08/2006	Estabelece a concentração máxima de mercúrio permitida no lodo de esgoto ou produto derivado destinado a aplicação na agricultura em 17 mg/kg; e limita a carga acumulada teórica de mercúrio pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado em 1,2 kg/há.	Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.
	Norma ABNT NBR 10004:2004	Limite máximo do lixiviado para não ser considerado resíduo tóxico: 0,1 mg/L. Limite para ensaio de solubilização, para ser considerado resíduo inerte: 0,001 mg/L.	Estabelece os critérios de classificação e os códigos para identificação dos resíduos, de acordo com suas características.

Tabela A1. Informações levantadas sobre legislação, normas e limites de mercúrio estabelecidos. Continuação 6

Matrizes	Norma/legislação	Limite	Observação
Sangue	Organização Mundial da Saúde, WHO/UNEP (2008)	Valores normais para pessoas não expostas e sem consumo de peixe contaminado: 5 a 10 µg/L.	CVAAS, ICP-OES, ICP-MS, CVAAFS são as técnicas mais utilizadas para esta determinação. CVAFS é a mais sensível. (WHO/UNEP, 2008).
Sedimento	Resolução CONAMA nº 344, de 25/03/2004	Estabelece: limiar de 0,17 mg Hg/kg em águas doces e 0,3 mg Hg/kg em águas salobras abaixo dos quais há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; e, limiar de 0,486 mg Hg/kg para águas doces e 1,0 mg Hg/kg para águas salobras acima dos quais há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.	Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.
Solo	Resolução CONAMA nº 420, de 30/12/2009	Estabelece como: 0,5 mg/kg valor de Prevenção; 12 mg/kg valor limite para áreas agrícolas; 36 mg/kg valor limite para áreas residenciais; 70 mg/kg valor limite para áreas industriais.	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
Produtos fumígenos derivados do tabaco	Resolução ANVISA/RDC nº 226, de 30/04/2018	NA	Dispõe sobre a exigência dos produtores e importadores de derivados de tabaco informarem a quantidade de mercúrio (ng Hg/g de tabaco) presente nas correntes primárias, secundárias e no tabaco total.
Tecido animal	Não tem	-	Apesar de possuir leis sobre curtumes e de indústria que utiliza couro, não há menção específica sobre poluição ambiental nas leis sobre o tema (Lei nº 11.211, de 19/12/2005; ver também o documento "Curtumes: Aspectos Ambientais (2007)").

Tabela A1. Informações levantadas sobre legislação, normas e limites de mercúrio estabelecidos. Continuação 7

Matrizes	Norma/legislação	Limite	Observação
Urina	Organização Mundial da Saúde, WHO/UNEP (2008)	Valores normais para pessoas não expostas e sem consumo de peixe contaminado: <5 µg/g de creatinina).	AAS, CVAAS, ICP-OES, ICP-MS são as técnicas mais utilizadas para esta determinação. (WHO/UNEP, 2008).
	Norma Regulamentadora 7 (NR-7), do Ministério do Trabalho	Valor de Referência da normalidade de 5 µg Hg/g de creatinina. Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP) de mercúrio: 35 µg Hg/g de creatinina (aproximadamente igual a 42 µg Hg/L de urina).	Estabelece o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.

Apêndice 2

Resumo de informações sobre os laboratórios ativos acreditados pelo INMETRO

AMOSTRAS AMBIENTAIS

Água: 84 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland	CLF 0024	SP	HG-CVAAS	0,00080 mg/L
Central Analítica de Laboratórios do Instituto Senai de Tecnologia Couro e Meio Ambiente / IST Couro e Meio Ambiente	CRL 0017	RS	ICPOES	0,00025 mg/L
Laboratórios SENAI Mario Amato	CRL 077	SP	CVAAS	0,0005 mg/L
			CV-ICP-OES	0,00050 mg/L
TUV SUD SFDK Laboratório de análise de produtos Eireli	CRL 0087	SP	HGAAS	0,0005 mg/L
CETESB_EL – Departamento de Análises Ambientais	CRL 0093	SP	CVAAS	0,0002 mg/L
			ICP-MS	0,0001 mg/L
Fundação Paulista de Tecnologia e Educação / Centro Tecnológico da Fundação Paulista - CETEC/FPTE	CRL 0098	SP	HGAAS	0,0010 mg/L
SENAI DR/BA - Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro	CRL 0100	BA	CV AAS	0,0002 mg/L / 0,0001 mg/L (salina e salobra)
CETESB_Divisão de Laboratório de Taubaté	CRL 0104	SP	CV AFS	0,0002 mg/L
CETESB_Divisão de Laboratório de Campinas	CRL 0110	SP	CV AFS	0,0001 mg/L
Companhia Riograndense de Saneamento Departamento de ensaios e apoio laboratorial - DEAL	CRL 0156	RS	CVAAS	0,00026 mg/L
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	CVAAS	0,0001 mg/L
			HG-ICP-OES	0,002 mg/L
Sabesp_Laboratório da Divisão de Controle de Sanitário - Vale do Paraíba	CRL 0168	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
Bioagri Ambiental	CRL 0172	SP	ICP-MS	0,0001 mg/:
			AFS	0,00005 mg/L
Senai_Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG - Campus CETEC	CRL 0195	MG	CV AAS	0,0002 mg/L
CETESB_Divisão de Laboratório de Cubatão	CRL 0203	SP	ICP-OES	0,0010 mg/L
Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.	CRL 0212	SP	HG-ICP-OES	0,0004 mg/L
			AFS	0,0002 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Corplab Serviços Analíticos Ambientais Ltda.	CRL 0222	SP	AFS	0,0002
			CVAAS	0,001 mg/L
			ICP-MS	0,00001 mg/L; 0,0001 mg/L (salobra e salina)
Labcris Análises, Meio Ambiente e Serviços LTDA	CRL 0226	SP	ICP-OES	0,0001 mg/L
NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda.	CRL 0227	RS	AAS	0,0002 mg/L
			ICP-OES	0,0002 mg/L
Conágua Ambiental Ltda.	CRL 0239	GO	HG OES	0,0002 mg/L
Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - DTE	CRL 0244	PR	CV -ICP-OES	0,0002 mg/L
CEIMIC - Análises Ambientais Ltda.	CRL 0247	SP	AAS	0,0002 mg/L
Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda.	CRL 0248	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro de Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	ICP-OES; AAS	0,001 mg/L
Bachema Serviços Analíticos Ambientais Ltda.	CRL 0255	SP	ICP-OES	0,001
Laboratório São Lucas Ltda.	CRL 0267	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
Instituto de Tecnologia e Pesquisa - ITP_Laboratório de estudos ambientais	CRL 0272	SE	ICP-OES	0,001 mg/L
SABESP - Companhia De Saneamento Básico do UF de São Paulo - Laboratório de Controle Sanitário de Lins	CRL 0278	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
SABESP - Companhia De Saneamento Básico do UF de São Paulo - Laboratório de Controle Sanitário e Ambiental da Baixada Santista	CRL 0279	SP	CV AAS	0,0002 mg/L
Agrosafety Monitoramento Agrícola Ltda.	CRL 0286	SP	HG/CV-ICP-OES	0,0005 mg/L
Plantec P. T. A. Ltda. - Laboratórios LAFIQ/LALI/LAMED/LAMIC/LAM	CRL 0297	SP	ICP-MS	0,0001 mg/L
A3Q Laboratório Ltda.	CRL 0298	PR	HG-ICP-OES	0,001 mg/L
Centro de Biologia Experimental Oceanus LTDA. - EPP	CRL 0306	RJ	ICP-MS	0,00009 mg/L
			CV AAS	0,0004 mg/L
Operator Assessoria e Análises Ambientais Ltda.	CRL 0309	SP	ICP-OES	0,005 mg/L
Integrated Petroleum Expertise Company - Serviços em Petróleo Ltda - Eurofins Innolab	CRL 0310	RJ	CV AFS	0,0005 mg/L
JLA Brasil Laboratório de Análises de Alimentos S.A.	CRL 0312	SP	HG-ICP-OES	0,0002 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
SENAI - Instituto Senai de Tecnologia Ambiental - Laboratório de análises de águas e efluentes	CRL0325	SC	ICP-OES	0,0002 mg/L
Companhia de Saneamento Básico do UF de São Paulo - SABESP - Divisão de Controle Sanitário Centro	CRL 0332	SP	HG-ICP-OES	0,001 mg/L
Centro de Qualidade Analítica Ltda. - CQA Laboratórios	CRL 0337	SP	ICP-OES	0,02 mg/L
			CVAAS	0,0005 mg/L
Cascardi Saneamento Básico Ltda	CRL 0338	SP	CVAAS	0,0005 mg/L
Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S/A - Laboratório Planta Queiróz	CRL 0342	MG	CVAAS	0,001 mg/L
Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade Ltda.	CRL 0348	SP	ICP-OES	0,01 mg/L
			HG-ICP-OES; CVAAS	0,0002 mg/L
Controle Analítico Análises Técnicas Ltda.	CRL 0353	SP	ICP-OES	0,0001 mg/L
Araxá Ambiental Ltda	CRL 0354	MG	CVAAS	0,0002 mg/L
EP Engenharia do Processo Ltda.	CRL 0361	SP	ICP-OES	0,010 mg/L
			HGAAS	0,0002 mg/L
Peloggia & Pena S/S Ltda-lab. Quimbiol.	CRL 0365	SP	HGAAS	0,0002 mg/L
Acqualab Laboratorio e Consultoria Ambiental S/S Ltda.	CRL 0369	SP	CVAAS	0,001 mg/L
			ICP-OES	0,0001 mg/L
WATER LAB - ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA - EPP	CRL 0373	SP	CVAAS	0,0007 mg/L
CETESB_Divisão de Laboratório de Limeira	CRL 0385	SP	Decomposição e amalgamação com AAS	0,0001 mg/L
			CVAAS	0,02 mg/L
SGS Geosol Laboratórios Ltda. - Laboratório de Meio Ambiente	CRL 0386	MG	ICP-MS	0,0002 mg/L
			CVAAS	0,0001 mg/L
Keller Empresa de Saneamento e Ecologia Eireli	CRL 0400	SP	CVAAS	0,0001 mg/L
Quimi Quali Laboratório, Engenharia e Serviços Ambientais LTDA	CRL 0409	SP	CVAAS	0,001 mg/L
ECOLAB Química LTDA - Laboratório de Serviços Analíticos - Núcleo Físico Químico & Núcleo de Microbiologia	CRL 0415	SP	CVAAS	0,0010 mg/L
Tommasi Analítica LTDA - Tommasi Ambiental	CRL 0442	ES	ICP-OES	0,0010 mg/L
Ampro Laboratório e Engenharia Ltda. - EPP - Ampro Análises Industriais	CRL 0458	SP	HG-ICP-OES	0,0002 mg/L
Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	CRL 0462	MG	CVAAS	0,0002 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Laboratório de Análises Minerais	CRL 0465	RJ	CVAAS	0,0003 mg/L
SGS do Brasil Ltda / SGS do Brasil EHS	CRL 0470	SP	CVAAS	0,0005 mg/L
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Senai - Instituto Senai de Tecnologia de Meio Ambiente e Química - Laboratório Central	CRL 0475	PR	CVAAS	0,0002 mg/L; 0,001 mg/L
Labortechnic Tecnologia Ltda.	CRL 0494	SP	CVAAS	0,001 mg/L
SGS do Brasil LTDA - Lab. SGS Cronolab	CRL 0525	RJ	ICP-OES	0,0002 mg/L
Centerlab Ambiental Laboratório de Análise Ltda - Centerlab Ambiental	CRL 0527	SP	CVAAS	0,0018 mg/L
Centro Tecnológico De Análises Ltda.	CRL 0540	ES	HG ICP-OES	0,0001 mg/L
BASF S.A	CRL 0559	SP	CVAAS	0,01 mg/L
			ICP-OES	0,0007 mg/L
Laboratório Lanatec Eireli-EPP	CRL 0582	SP	CVAAS	0,001 mg/L
Acquaplant Química do Brasil Ltda.	CRL 0607	SC	HG ICP-OES	0,0002 mg/L
Laboratório ALAC Ltda. - Eurofins / ALAC	CRL 0611	RS	ICP-MS	0,0002 mg/L
Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas Ltda. - Green Lab	CRL 0637	RS	ICP-OES	0,0002 mg/L
Ambi Lab Análises Ambientais Ltda.	CRL 0663	SP	FAAS (método direto de chama de óxido nitroso-acetileno)	0,001 mg/L
Venturo Análises Ambientais Ltda. - EPP - Venturo Análises Ambientais	CRL 0665	SP	AFS com com aprisionamento em coluna de areia de ouro	0,002 µg L-1 (total e solúvel); 0,00025 µg L-1 (Metil mercúrio total e solúvel); 0,020 µg L-1 (Mercúrio orgânico Total e Solúvel / Mercúrio reativo Total e Solúvel / Mercúrio elementar)
Instituto Adolfo Lutz -Núcleos: Contaminantes Inorg, Ens Biolog e de Segurança, Ens FQ Cosm e Saneantes, Microbiol Alimentar	CRL 0679	SP	CVAAS	0,0002 mg/L
Instituto Nacional de Análises e Pesquisas Ltda - Instituto Nacional de Análises e Pesquisas Ltda	CRL 0684	SP	CV-ICP-OES	0,0002 mg/L
Freitag Laboratórios Ltda.	CRL 0687	SC	HGAAS	0,007 mg/L
			ICP-OES	0,0001 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Laboratório Beckhauser e Barros Ltda EPP	CRL 0692	SC	HG/CV-ICP-OES	0,0002 mg/L
Prisma Soluções Ambientais Ltda.	CRL 0700	SP	ICP-OES	0,002 mg/L
BARCHA & BARCHA LTDA	CRL 705	SP	HGAAS	0,0001 mg/L
PA laboratório de águas Ltda.	CRL 716	SP	HGAAS	0,001 mg/L
Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental S/S Ltda - Econsulting	CRL 0940	RS	HG ICP-OES	0,0001 mg/L
Labsam Serviços Ambientais Lab Tec Ltda - Labsam Serviços Ambientais Lab Tec Ltda	CRL 0971	PR	CVAAS	0,001 mg/L
CAF Química Ltda. - CAF Química	CRL 0993	RJ	CVAAS	0,0005 mg/L
Campo Fertilidade Do Solo E Nutrição Vegetal Ltda - Campo - Centro de Tecnologia Agrícola E Ambiental	CRL 1039	MG	ICP-OES (com GVF acoplado)	0,002 mg/L
Analítica: Análises Físico-químicas e Microbiológicas Ltda.	CRL 1117	SP	CVAAS	0,001 mg/L
Comissão Nacional de Energia Nuclear - Laboratório de Poços de Caldas	CRL 1225	MG	Decomposição térmica e AAS	0,0025 mg/L
Terranálises Laboratório de Análises Ambientais Ltda.	CRL 1325	SC	CVAAS	0,0003 mg/L

Água residual: 76 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
ABCP	CLF 0024	SP	HG-CVAAS	0,00080 mg/L
Central Analítica de Laboratórios do Instituto Senai de Tecnologia Couro e Meio Ambiente / IST Couro e Meio Ambiente	CRL 0017	RS	ICP-OES	0,001 mg/L
Laboratórios SENAI Mario Amato	CRL 077	SP	CVAAS	0,0005 mg/L
			CV ICP-OES	0,00050 mg/L
CETESB_EL – Departamento de Análises Ambientais	CRL 0093	SP	CVAAS	0,0002 mg/L
Fundação Paulista de Tecnologia e Educação / Centro Tecnológico da Fundação Paulista - CETEC/FPTE	CRL 0098	SP	HGAAS	0,0010 mg/L
SENAI DR/BA - Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro	CRL 0100	BA	CV AAS	0,0002 mg/L
CETESB_Divisão de Laboratório de Taubaté	CRL 0104	SP	CV AFS	0,0002 mg/L
CETESB_Divisão de Laboratório de Campinas	CRL 0110	SP	CV AFS	0,0001 mg/L
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	CVAAS	0,0001 mg/L
			HG ICP-OES	0,002 mg/L
Sabesp_Laboratório da Divisão de Controle de Sanitário - Vale do Paraíba	CRL 0168	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
Bioagri Ambiental	CRL 0172	SP	ICP-MS	0,0001 mg/:
			AFS	0,00005 mg/L
Senai_Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG - Campus CETEC	CRL 0195	MG	CV AAS	0,0002 mg/L
Tecma - Tecnologia em Meio Ambiente	CRL 0200	RJ	CV AAS	0,005 mg/L
CETESB_Divisão de Laboratório de Cubatão	CRL 0203	SP	ICP-OES	0,0010 mg/L
Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.	CRL 0212	SP	HG-ICP-OES	0,0004 mg/L
			AFS	0,0002 mg/L
Corplab Serviços Analíticos Ambientais Ltda.	CRL 0222	SP	AFS	0,0002 mg/L
			CVAAS	0,001 mg/L
			ICP-MS	0,00001 mg/L
Labcris Análises, Meio Ambiente e Serviços LTDA	CRL 0226	SP	ICP-OES	0,0001 mg/L
NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda.	CRL 0227	RS	AAS	0,0002 mg/L
			ICP-OES	0,0002 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Conágua Ambiental Ltda.	CRL 0239	GO	HG OES	0,01 mg/L
Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - DTE	CRL 0244	PR	CV ICP-OES	0,001 mg/L
CEIMIC - Análises Ambientais Ltda.	CRL 0247	SP	AAS	0,0002 mg/L
Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda.	CRL 0248	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro de Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	ICP-OES; AAS	0,001 mg/L
Bachema Serviços Analíticos Ambientais Ltda.	CRL 0255	SP	ICP-OES	0,001 mg/L
Laboratório São Lucas Ltda.	CRL 0267	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
Instituto de Tecnologia e Pesquisa - ITP_Laboratório de estudos ambientais	CRL 0272	SE	ICP-OES	0,001 mg/L
SABESP - Companhia De Saneamento Básico do UF de São Paulo - Laboratório de Controle Sanitário de Lins	CRL 0278	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do UF de São Paulo - Laboratório de Controle Sanitário e Ambiental da Baixada Santista	CRL 0279	SP	CV AAS	0,0002 mg/L
Agrosafety Monitoramento Agrícola Ltda.	CRL 0286	SP	HG/CV-ICP-OES	0,0005 mg/L
Plantec P. T. A. Ltda. - Laboratórios LAFIQ/LALI/LAMED/LAMIC/LAM	CRL 0297	SP	ICP-MS	0,0001 mg/L
A3Q Laboratório Ltda.	CRL 0298	PR	HG ICP-OES	0,001 mg/L
Centro de Biologia Experimental Oceanus LTDA. - EPP	CRL 0306	RJ	ICP-MS	0,00009 mg/L
			CV AAS	0,0004 mg/L
Operator Assessoria e Análises Ambientais Ltda.	CRL 0309	SP	ICP-OES	0,005 mg/L
Integrated Petroleum Expertise Company - Serviços em Petróleo Ltda - Eurofins Innolab	CRL 0310	RJ	CV AFS	0,0005 mg/L
JLA Brasil Laboratório de Análises de Alimentos S.A.	CRL 0312	SP	HG ICP-OES	0,0002 mg/L
SENAI - Instituto Senai de Tecnologia Ambiental - Laboratório de análises de águas e efluentes	CRL0325	SC	ICP-OES	0,0002 mg/L
Companhia de Saneamento Básico do UF de São Paulo - SABESP - Divisão de Controle Sanitário Centro	CRL 0332	SP	HG-ICP-OES	0,001 mg/L
Cascardi Saneamento Básico Ltda	CRL 0338	SP	CVAAS	0,0005 mg/L
Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S/A - Laboratório Planta Queiróz	CRL 0342	MG	CVAAS	0,001 mg/L
Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade Ltda.	CRL 0348	SP	ICP-OES	0,01 mg/L
			HG-ICP-OES; CVAAS	0,0002 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Controle Analítico Análises Técnicas Ltda.	CRL 0353	SP	ICP-OES	0,0001 mg/L
Araxá Ambiental Ltda	CRL 0354	MG	CVAAS	0,0002 mg/L
EP Engenharia do Processo Ltda.	CRL 0361	SP	ICP-OES	0,010 mg/L
			HGAAS	0,0002 mg/L
Peloggia & Pena S/S Ltda-lab. Quimbiol.	CRL 0365	SP	HGAAS	0,0002 mg/L
Acqualab Laboratorio e Consultoria Ambiental S/S Ltda.	CRL 0369	SP	CVAAS	0,001 mg/L
			ICP-OES	0,0001 mg/L
WATER LAB - ANÁLISES AMBIENTAIS LTDA - EPP	CRL 0373	SP	CVAAS	0,0007 mg/L
CETESB_Divisão de Laboratório de Limeira	CRL 0385	SP	Decomposição e amalgamação	0,0001 mg/L
SGS Geosol Laboratórios Ltda. - Laboratório de Meio Ambiente	CRL 0386	MG	CVAAS	0,02 mg/L
			ICP-MS	0,0002 mg/L
Keller Empresa de Saneamento e Ecologia Eireli	CRL 0400	SP	CVAAS	0,0001 mg/L
Quimi Quali Laboratório, Engenharia e Serviços Ambientais LTDA	CRL 0409	SP	CVAAS	0,001 mg/L
ECOLAB Química LTDA - Laboratório de Serviços Analíticos - Núcleo Físico Químico & Núcleo de Microbiologia	CRL 0415	SP	CVAAS	0,0010 mg/L
Tommasi Analítica LTDA - Tommasi Ambiental	CRL 0442	ES	ICP-OES	0,0010 mg/L
Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	CRL 0462	MG	CVAAS	0,0002 mg/L
SGS do Brasil Ltda / SGS do Brasil EHS	CRL 0470	SP	CVAAS	0,0005 mg/L
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Senai - Instituto Senai de Tecnologia de Meio Ambiente e Química - Laboratório Central	CRL 0475	PR	CVAAS	0,001 mg/L
Labortechnic Tecnologia Ltda.	CRL 0494	SP	CVAAS	0,001 mg/L
SGS do Brasil LTDA - Lab. SGS Cronolab	CRL 0525	RJ	ICP-OES	0,0002 mg/L
Centro Tecnológico de Análises Ltda	CRL 0540	ES	HG ICP-OES	0,0001 mg/L
BASF S.A	CRL 0559	SP	CVAAS	0,01 mg/L
			ICP-OES	0,0007 mg/L
Laboratório Lanatec Eireli-EPP	CRL 0582	SP	CVAAS	0,001 mg/L
Acquaplant Química do Brasil Ltda.	CRL 0607	SC	HG-ICP-OES	0,0002 mg/L
Laboratório ALAC Ltda. - Eurofins / ALAC	CRL 0611	RS	ICP-MS	0,0002 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas Ltda. - Green Lab	CRL 0637	RS	ICP-OES	0,0002 mg/L
Ambi Lab Análises Ambientais Ltda. - Ambi-Lab	CRL 0663	SP	FAAS (método direto de chama de óxido nitroso-acetileno)	0,001 mg/L
Venturo Análises Ambientais Ltda. - EPP - Venturo Análises Ambientais	CRL 0665	SP	AFS com aprisionamento em coluna de areia de ouro	0,010 µg L-1 (total e solúvel); 0,00025 µg L-1 (Metil mercúrio total e solúvel); 0,020 µg L-1 (Mercúrio orgânico Total e Solúvel / Mercúrio reativo Total e Solúvel / Mercúrio elementar)
Instituto Nacional de Análises e Pesquisas Ltda - Instituto Nacional de Análises e Pesquisas Ltda	CRL 0684	SP	CV-ICP-OES	0,0002 mg/L
Freitag Laboratórios Ltda.	CRL 0687	SC	HGAAS	0,007 mg/L
			ICP-OES	0,0001 mg/L
Laboratório Beckhauser e Barros Ltda EPP	CRL 0692	SC	HG-CV ICP-OES	0,0002 mg/L
Prisma Soluções Ambientais Ltda	CRL 0700	SP	ICP-OES	0,002 mg/L
BARCHA & BARCHA LTDA	CRL 705	SP	HGAAS	0,0001 mg/L
PA laboratório de águas LTDA - PA laboratório de águas LTDA	CRL 716	SP	HGAAS	0,001 mg/L
Labsam Serviços Ambientais Lab Tec	CRL 0971	PR	CVAAS	0,001 mg/L
CAF Química Ltda. - CAF Química	CRL 0993	RJ	CVAAS	0,0005 mg/L
Analítica: Análises Físico-químicas e Microbiológicas Ltda.	CRL 1117	SP	CVAAS	0,001 mg/L
Comissão Nacional de Energia Nuclear - Laboratório de Poços de Caldas	CRL 1225	MG	Decomposição térmica e AAS	0,0025 mg/L
Terranálises Laboratório de Análises Ambientais Ltda	CRL 1325	SC	CVAAS	0,0003 mg/L

Amostragem de efluentes gasosos: 15 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Método	LQ
ABCP	CLF 0024	SP	USEPA Method 101A/2014	NA
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	USEPA Method 101A/2014	NA
Tasqa Serviços Analíticos Ltda.	CRL 0366	MG	USEPA Method 101A/2014	NA
SGS do Brasil_ SGS Aircservices Estudos e Avaliações Ambientais	CRL 0381	SP	USEPA Method 101A/2014 MA TCIPA-001 Revisão 4	NA
JAPH Serviços Analíticos LTDA	0398	SP	USEPA Method 101A/2014	NA
Prameq Indústria e Comércio - Laboratório Essencis Prameq	CRL 0507	SP	USEPA Method 101A:2000	NA
Bioagri Ambiental Ltda. - Bioagri Ambiental Ltda.	CRL 0534	SP	USEPA Method 101 A:2000	NA
CSL Laboratório Ambiental Eireli EPP - CSL Laboratório Ambiental Eireli EPP	CRL 0786	SP	USEPA Method 101 A	NA
Primelab Ambiental Ltda	CRL 1052	SP	USEPA Method 101A:2000	NA
Quality Análise Ambiental Ltda - Quality Análise Ambiental Ltda.	CRL 1189	SP	USEPA Method 101A/2014	NA
ERM Brasil Ltda. - ERM Brasil Ltda.	CRL 1231	SP	USEPA Método 101A/2017	NA
Sampling Ambiental Ltda. - Sampling Ambiental / Ecosampling Ambiental	CRL 1243	SP	USEPA Method 101A/2014	NA
ES4i Environmental Services for Industries Ltda.	CRL 1254	SP	USEPA Method 101A/2017	NA
SJC Química E Serviços Ltda - SJC Química E Serviços	CRL 1301	RS	USEPA Method 101A/1986.	NA
WS Engenharia Ambiental LTDA - WS Engenharia Ambiental LTDA	CRL 1343	RJ	USEPA Method 101A:2000	NA

NA: não se aplica

Emissões atmosféricas: 8 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
ABCP	CLF 0024	SP	HG/CVAAS	3 µg; 4 µg (muda o método de coleta)
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	CVAAS CV-ICP-OES	0,05 µg; 0,04 µg/Nm ³ ; 0,10 µg; 0,08 µg/Nm ³ 0,5 µg; 0,4 µg/Nm ³ ; 1,0 µg; 0,8 µg/Nm ³
Bioagri Ambiental	CRL0172	SP	CV AFS	0,5 µg
Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.	CRL 0212	SP	AFS	0,02 µg
			HG-ICP-OES	0,04 µg
Laboratório São Lucas Ltda.	CRL 0267	SP	ICP-OES	0,2 µg
Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	CRL 0462	MG	CVAAS	0,2 µg
SGS do Brasil LTDA - Lab. SGS Cronolab	CRL 0525	RJ	ICP-OES	0,02 µg
Prisma Soluções Ambientais Ltda	CRL 0700	SP	EPA Método 29:2011	0,03 µg

Gases e poluentes da atmosfera: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	HG-ICP-OES	0,10 µg Hg em MP ₁₀ e em PTS; 0,06 µg Hg/m ³ em MP ₁₀ e em PTS
			CVAAS	0,005 µg Hg em MP ₁₀ e em PTS; 0,003 µg Hg/m ³ em MP ₁₀ e em PTS
Venturo Análises Ambientais Ltda. - EPP - Venturo Análises Ambientais	CRL 0665	SP	Decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro	0,005 µg MP

Ar (higiene ocupacional): 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Centro de Biologia Experimental Oceanus LTDA. - EPP	CRL 0306	RJ	ICP-MS	0,0045 µg
SOLUTECH Com. e Serviços de Análises Químicas Ltda.	CRL 0380	SP	ICP-OES	0,05 µg

Resíduos: 50 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
ABCP	CLF 0024	SP	HGAAS	0,2 mg/kg; 0,0008 mg/L
SENAI/IST Couro e Meio Ambiente	CRL 0017	RS	ICP-OES	0,20 mg/kg
Laboratórios SENAI Mario Amato	CRL 077	SP	CVAAS; CV-ICP-OES	0,0005 mg/L
CETESB_EL – Departamento de Análises Ambientais	CRL 0093	SP	CVAAS	0,02 mg/kg
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	CVAAS	0,0025 mg/kg; 0,0001 mg/L; resíduos especiais*: 0,01 mg/kg; 0,000001%
			CV-ICP-OES	0,05 mg/kg; 0,002 mg/L
Bioagri Ambiental	CRL0172	SP	AFS	0,05 mg/kg
SENAI_Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG - Campus CETEC	CRL 0195	MG	CVAAS	0,02 mg/kg
Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.	CRL 0212	SP	HG-ICP-OES	0,300 mg/kg
			AFS	0,100 mg/kg; 0,0002 mg/L
Corplab Serviços Analíticos Ambientais Ltda.	CRL 0222	SP	ICP-MS	0,005 mg/kg (Iodo)
			AFS	0,0002 mg/L; 0,02 mg/kg
			CVAAS	0,001 mg/L; 0,30 mg/kg
Labcris Análises, Meio Ambiente e Serviços LTDA	CRL0226	SP	ICP-OES	0,0001 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda.	0227	RS	AAS; ICP-OES	0,15 mg/kg
Conágua Ambiental Ltda.	CRL 0239	GO	ICP-OES	0,01 mg/L
CEIMIC - Análises Ambientais Ltda.	CRL 0247	SP	AAS	0,08 mg/kg; 0,0002 mg/L
Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda.	CRL 0248	SP	ICP-OES	0,1 mg/kg; 0,0002 mg/L
Bachema Serviços Analíticos Ambientais Ltda.	CRL 0255	SP	ICP-OES	0,050 mg/kg; 0,001 mg/L
Laboratório São Lucas Ltda.	CRL 0267	SP	ICP-OES	0,010 mg/kg; 0,0002 mg/L
Plantec P. T. A. Ltda. - Laboratórios LAFIQ/LALI/LAMED/LAMIC/LAM	CRL 0297	SP	ICP-OES	0,05 mg/kg
			ICP-MS	0,025 mg/kg; 0,001 mg/L
Centro de Biologia Experimental Oceanus LTDA. - EPP	CRL 0306	RJ	ICP-MS	0,008 mg/kg
			CV AAS	0,01 mg/kg
Operator Assessoria e Análises Ambientais Ltda.	CRL 0309	SP	ICP-OES	0,005 mg/L; 0,50 mg/kg
Integrated Petroleum Expertise Company - Serviços em Petróleo Ltda - Eurofins Innolab	CRL 0310	RJ	AFS	0,0005 mg/L
JLA Brasil Laboratório de Análises de Alimentos S.A.	CRL 0312	SP	HG-ICP-OES	0,001 mg/L
Centro de Qualidade Analítica Ltda. - CQA Laboratórios	CRL 0337	SP	CV AAS	0,0001 mg/L; 0,05 mg/kg; 0,05 mg/L
Cascardi Saneamento Básico Ltda	CRL 0338	SP	CV AAS	0,0005 mg/L; 0,0005 mg/kg
Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade Ltda.	CRL 0348	SP	ICP-OES	0,01 mg/L; 0,01 mg/kg
			CVAAS	0,0002 mg/L; 0,01 mg/kg
Controle Analítico Análises Técnicas Ltda.	CRL 0353	SP	ICP-OES	0,005 mg/L; 0,0001 mg/L; 0,002mg/kg
Araxá Ambiental Ltda.	CRL 0354	MG	CVAAS	0,001 mg/L

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
EP Engenharia do Processo Ltda.	CRL 0361	SP	ICP-OES	0,01 mg/kg; 0,010 mg/L
			HG-ICP-OES	0,05 mg/kg
			HGAAS	0,0002 mg/L
Peloggia & Pena S/S Ltda-lab. Quimbiol.	CRL 0365	SP	CVAAS	0,010 mg/kg
Acqualab Laboratorio e Consultoria Ambiental S/S Ltda.	CRL 0369	SP	CVAAS	0,001 mg/L
			ICPOES	0,0001 mg/L
WATER LAB - Análises Ambientais Ltda, - EPP	CRL 0373	SP	CVAAS	0,0007 mg/L
SGS Geosol Laboratórios Ltda. - Laboratório de Meio Ambiente	CRL 0386	MG	CVAAS; ICP-MS	0,0002 mg/L
Keller Empresa de Saneamento e Ecologia Eireli	CRL 0400	SP	CVAAS	0,001 mg/kg; 0,0001 mg/L
Quimi Quali Laboratório, Engenharia e Serviços Ambientais Ltda.	CRL 0409	SP	CVAAS	0,001 mg/L
Tommasi Analítica Ltda. - Tommasi Ambiental	CRL 0442	ES	ICP-OES	0,00010 mg/L
Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	CRL 0462	MG	HG AAS	0,05 mg/Kg
SGS do Brasil Ltda / SGS do Brasil EHS	CRL 0470	SP	CVAAS	0,0005 mg/L; 0,019 mg/kg
IBRA- Instituto Brasileiro de Análises Químicas, Físicas e Biológicas Ltda.	CRL 0477	SP	HGAAS	0,02 mg/Kg
SGS do Brasil LTDA - Lab. SGS Cronolab	CRL 0525	RJ	ICP-OES	0,040mg/kg
Centro Tecnológico De Análises Ltda - Centro Tecnológico De Análises Ltda	CRL 0540	ES	ICP-OES	0,067 mg/kg; 0,0001 mg/L
BASF S.A	CRL 0559	SP	ICP-OES	0,0007 mg/L
Laboratório Lanatec Eireli-EPP	CRL 0582	SP	CVAAS	0,001 mg/L
Acquaplant Química do Brasil Ltda.	CRL 0607	SC	HG-ICP-OES	0,001 mg/L
Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas Ltda. - Green Lab	CRL 0637	RS	ICP-OES	0,02 mg/kg

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Venturo Análises Ambientais Ltda. - EPP - Venturo Análises Ambientais	CRL 0665	SP	Decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro	5 ng
			AFS com aprisionamento em coluna de areia de ouro	0,00005 mg/kg (lodo); 0,0025 mg/kg (Hg orgânico - lodo); 0,00002 mg/L
Instituto Nacional de Análises e Pesquisas Ltda.	CRL 0684	SP	CV ICP-OES	0,05 mg/kg
Freitag Laboratórios Ltda.	CRL 0687	SC	ICP-OES	0,003 mg/L
Laboratório Beckhauser e Barros Ltda EPP	CRL 0692	SC	ICP-OES	0,001 mg/L
Prisma Soluções Ambientais Ltda.	CRL 0700	SP	ICP-OES	0,002 mg/L
CAF Química Ltda.	CRL 0993	RJ	CVAAS	0,005 mg/Kg; 0,0005 mg/L
Comissão Nacional de Energia Nuclear - Laboratório de Poços de Caldas	CRL 1225	MG	Decomposição térmica e AAS	0,0025 mg/kg

Solo e sedimento: 44 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
SENAI/IST Couro e Meio Ambiente	CRL 0017	RS	ICP-OES	0,20 mg/kg
Laboratórios SENAI Mario Amato	CRL 077	SP	CVAAS; CV-ICP-OES	0,0005 mg/L
CETESB_EL – Departamento de Análises Ambientais	CRL 0093	SP	CVAAS	0,02 mg/kg
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	CVAAS	0,0025 mg/kg
			CV ICP-OES	0,05 mg/kg
Bioagri Ambiental	CRL0172	SP	AFS	0,05 mg/kg
Senai_Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG - Campus CETEC	CRL 0195	MG	CVAAS	0,02 mg/kg
Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.	CRL 0212	SP	HG ICP-OES	0,300 mg/kg
			AFS	0,100 mg/kg
Corplab Serviços Analíticos Ambientais Ltda.	CRL 0222	SP	ICP-MS	0,005 mg/kg
			CVAAS	0,30 mg/kg
			AFS	0,02 mg/kg
Labcris Análises, Meio Ambiente e Serviços Ltda.	CRL 0226	SP	ICP-OES	0,0001 mg/L
NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda.	CRL 0227	RS	AAS; ICP-OES	0,15 mg/kg
CEIMIC - Análises Ambientais Ltda.	CRL 0247	SP	AAS	0,08 mg/kg
Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda.	CRL 0248	SP	ICP-OES	0,1 mg/Kg
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química E Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	ICP-OES; AAS	0,05 mg/kg
Bachema Serviços Analíticos Ambientais Ltda.	CRL0255	SP	ICP-OES	0,050 mg/kg

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Laboratório São Lucas Ltda.	CRL 0267	SP	ICP-OES	0,010 mg/kg
Plantec P. T. A. Ltda. - Laboratórios LAFIQ/LALI/LAMED/LAMIC/LAM	CRL 0297	SP	ICP-OES	0,05 mg/kg
			ICP-MS	0,025 mg/kg
Centro de Biologia Experimental Oceanus LTDA. - EPP	CRL 0306	RJ	ICP-MS	0,008 mg/kg
			CV AAS	0,01 mg/kg
Operator Assessoria e Análises Ambientais Ltda.	CRL 0309	SP	ICP-OES	0,50 mg/kg
Integrated Petroleum Expertise Company - Serviços em Petróleo Ltda - Eurofins Innolab	CRL 0310	RJ	ICP-OES	3,0 mg/kg
			CV AFS	0,05 mg/kg
JLA Brasil Laboratório de Análises de Alimentos S.A.	CRL 0312	SP	HG ICP-OES	0,01 mg/kg
Centro de Qualidade Analítica Ltda. - CQA Laboratórios	CRL 0337	SP	CVAAS	0,0001 mg/L; 0,05 mg/kg
Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade Ltda.	CRL 0348	SP	HG-ICP-OES; CVAAS	0,01 mg/ kg
Controle Analítico Análises Técnicas Ltda.	CRL 0353	SP	ICP-OES	0,002 mg/kg
Araxá Ambiental Ltda.	CRL 0354	MG	CV AAS	0,02 mg/kg
EP Engenharia do Processo Ltda.	CRL 0361	SP	ICP-OES	0,01 mg/kg; 0,010 mg/L
			HG-ICP-OES	0,05 mg/kg
Peloggia & Pena S/S Ltda-lab. Quimbiol.	CRL 0365	SP	CVAAS	0,010 mg/kg
SGS Geosol Laboratórios Ltda. - Laboratório de Meio Ambiente	CRL 0386	MG	CVAAS; ICP-MS	0,0002 mg/L
Keller Empresa de Saneamento e Ecologia Eireli	CRL 0400	SP	CVAAS	0,001 mg/kg
Tommasi Analítica LTDA - Tommasi Ambiental	CRL 0442	ES	ICP-OES	0,050 mg/kg

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	CRL 0462	MG	HGAAS	0,05 mg/kg
SGS do Brasil Ltda / SGS do Brasil EHS	CRL 0470	SP	CVAAS	0,019 mg/kg
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Senai - Instituto Senai de Tecnologia de Meio Ambiente e Química - Laboratório Central	CRL 0475	PR	CVAAS	0,10 mg/kg
IBRA- Instituto Brasileiro de Análises Químicas, Físicas e Biológicas Ltda.	CRL 0477	SP	HGAAS	0,02 mg/kg
SGS do Brasil LTDA - Lab. SGS Cronolab	CRL 0525	RJ	ICP-OES	0,040mg/kg
Centro Tecnológico de Análises Ltda.	CRL 0540	ES	ICP-OES	0,067 mg/kg
Acquaplant Química do Brasil Ltda.	CRL 0607	SC	HG ICP-OES	0,2 mg/kg
Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas Ltda. - Green Lab	CRL 0637	RS	ICP-OES	0,02 mg/kg
Venturo Análises Ambientais Ltda. - EPP - Venturo Análises Ambientais	CRL 0665	SP	Decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro	5ng
			AFS com com aprisionamento em coluna de areia de ouro	0,00005 mg/kg; 0,0025 mg/kg
Instituto Nacional de Análises e Pesquisas Ltda.	CRL 0684	SP	CV-ICP-OES	0,05 mg/kg
Freitag Laboratórios Ltda.	CRL 0687	SC	ICP-OES	0,943 mg/kg
Econsulting Projetos E Consultoria Ambiental S/S Ltda - Econsulting	CRL 0940	RS	HG-ICP-OES	0,022 mg/kg
CAF Química Ltda. - CAF Química	CRL 0993	RJ	CVAAS	0,005 mg/kg
Campo Fertilidade Do Solo E Nutrição Vegetal Ltda - Campo - Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental	CRL 1039	MG	ICP-OES	0,4 mg/kg
Comissão Nacional de Energia Nuclear - Laboratório de Poços de Caldas	CRL 1225	MG	Decomposição térmica e AAS	0,0025 mg/kg

Bioindicadores: 5 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Matriz	Técnica analítica	LQ
CETESB_EL – Departamento de Análises Ambientais	CRL 0093	SP	Vegetais; Tecido animal	Decomposição e Amalgamação	<1,0 µg/kg
Bioagri Ambiental	CRL 0172	SP	Bioindicadores ambientais (organismos aquáticos, terrestres e plantas)	AFS	0,025 mg/kg
CEIMIC - Análises Ambientais Ltda.	CRL 0247	SP	Biomarcadores ambientais: (crustáceos, peixes e moluscos)	AAS	0,08 mg/kg
Tommasi Analítica Ltda. - Tommasi Ambiental	CRL 0442	ES	Tecido vegetal	ICP-OES	0,0050 mg/kg
			Tecido mexilhão	ICP-OES	0,050 mg/kg
Venturo Análises Ambientais Ltda. - EPP	CRL 0665	SP	Biota	AFS com aprisionamento em coluna de areia de ouro	0,005 mg/kg
			Fitoplâncton, Zooplâncton, Macrófita, peixe, biota	Decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro	5 ng

AMOSTRAS BIOLÓGICAS HUMANAS: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Matriz	Técnica analítica	LQ
CETESB_EL – Departamento de Análises Ambientais	CRL 0093	SP	Cabelo	Decomposição e Amalgamação	<0,0025 mg/kg
			Sangue	Decomposição e Amalgamação	<0,0005 mg/kg
Venturo Análises Ambientais Ltda. - EPP	CRL 0665	SP	Cabelo	Decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro	5 ng

PRODUTOS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANAS: 22 laboratórios

Água para a saúde humana: 16 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	CVAAS	0,0001 mg/L
			HG-ICP-OES	0,002 mg/L
Senai_Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG - Campus CETEC	CRL 0195	MG	CVAAS	0,00002 mg/L
Conágua Ambiental Ltda.	CRL 0239	GO	HG OES	0,0002 mg/L
Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - DTE	CRL 0244	PR	CV-ICP-OES	0,0001 mg/L
Eco System Preservação do Meio Ambiente Ltda.	CRL 0248	SP	ICP-OES	0,0002 mg/L
Centro de Biologia Experimental Oceanus LTDA. - EPP	CRL 0306	RJ	ICP-MS	0,0002 mg/L
JLA Brasil Laboratório de Análises de Alimentos S.A.	CRL 0312	SP	HG-ICP-OES	0,0002 mg/L
Centro de Qualidade Analítica Ltda. - CQA Laboratórios	CRL 0337	SP	CVAAS	0,0001 mg/L
Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade Ltda.	CRL 0348	SP	HG-ICP-OES; CVAAS	0,0002 mg/L
Controle Analítico Análises Técnicas Ltda.	CRL 0353	SP	ICP-OES	0,00002 mg/L
Acqualab Laboratorio e Consultoria Ambiental S/S Ltda.	CRL0369	SP	CVAAS; ICP-OES	0,0001 mg/L
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Senai - Instituto Senai de Tecnologia de Meio Ambiente e Química - Laboratório Central	CRL 0475	PR	CVAAS	0,0002 mg/L
Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas Ltda.	CRL 0637	RS	ICP-OES	0,0002 mg/L
Instituto Adolfo Lutz -Núcleos: Contaminantes Inorg, Ens Biolog e de Segurança, Ens FQ Cosm e Saneantes, Microbiol Alimentar	CRL 0679	SP	CVAAS	0,0002 mg/L
BARCHA & BARCHA Ltda.	CRL 0705	SP	HGAAS	0,0001 mg/L
Toxilab Laboratório De Análises Ltda.	CRL 0717	RS	CVAAS	0,0001 mg/L

Implantes mamários: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
L.A. Falcão Bauer	CRL 0003	SP	ICP-OES	10 mg/kg
SENAI-Centro Tecnológico de Polímeros (São Leopoldo - RS)	CRL 0076*	RS	ICP-OES	0,223 mg/kg

*Apesar de ainda estar no escopo, em contato telefônico foi informado que não realizam mais análises em implantes mamários.

Produtos farmacêuticos: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Bioagri Laboratório Ltda.	CRL0208	SP	CVAAS	0,0002 mg/kg
			ICP-OES	0,05 mg/kg
			FAAS	2,0 mg/kg
Analítica: Análises Físico-químicas e Microbiológicas Ltda.	CRL 1117	SP	CVAAS	LQ: 0,002mg/L

Equipamento e instrumento médico-hospitalar e odontológico: 1 laboratório

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			ICP-OES	0,01 mg/L

Produtos relacionados à saúde e segurança humanas (luvas, máscaras, próteses, etc.): 1 laboratório

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kgg
			CV AAS	0,01 mg/L

PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES

Brinquedos e produtos infantis: 11 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Manufatura de Brinquedos Estrela S.A. - Laboratório de Segurança do Produto	CLF 0010	SP	AAS	0,005 mg/L
L.A. Falcão Bauer	CRL 0003	SP	ICP-OES	0,625 mg/kg
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
Laboratórios SENAI Mario Amato	CRL 077	SP	ICP-OES	0,50 mg/kg; 0,25 mg/kg
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química E Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	ICP-OES	3 mg/kg
ITEN - Instituto Tecnológico de Ensaio Ltda.	CRL 0323	SP	AAS	0,20 ppm (0,20 mg/kg)
Intertek do Brasil Laboratórios Ltda.	CRL 0538	SP	ICP-OES	1,00 mg/kg
Interface Engenharia Aduaneira Ltda - Interface	CRL 0553	SP	ICP-OES	0,4312 mg/kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	2,5 mg/kg
Unitec Unidade de Tecnologia e Ensaio Ltda Me	CRL 0973	SP	ICP-OES	1,63 mg/kg
Novo Lab Serviços de Pesquisas e Ensaio Ltda.	CRL 1220	SP	ICP-OES	0,001 mg/L

Chupeta, mamadeira e bico de mamadeira: 5 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
L.A. Falcão Bauer	CRL 0003	SP	ICP-OES	0,625 mg/kg
ITEN - Instituto Tecnológico de Ensaio Ltda.	CRL 0323	SP	AAS	0,20 ppm (0,20 mg/kg)
Intertek do Brasil Laboratórios Ltda.	CRL 0538	SP	ICP-OES	1,00 mg/kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	2,5 mg/kg
Novo Lab Serviços de Pesquisas e Ensaio Ltda.	CRL 1220	SP	ICP-OES	0,001 mg/L

Artigos para festas: 5 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
L.A. Falcão Bauer	CRL 0003	SP	ICP-OES	0,625 mg/kg
Laboratórios SENAI Mario Amato	CRL 077	SP	ICP-OES	0,50 mg/kg; 0,25 mg/kg
ITEN - Instituto Tecnológico de Ensaio Ltda.	CRL 0323	SP	AAS	0,20 ppm (0,20 mg/kg)
Intertek do Brasil Laboratórios Ltda.	CRL 0538	SP	ICP-OES	1,00 mg/kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	2,5 mg/kg

Artigos escolares: 8 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Manufatura de Brinquedos Estrela S.A. - Laboratório de Segurança do Produto	CLF 0010	SP	AAS	0,005 mg/L
L.A. Falcão Bauer	CRL 0003	SP	ICP-OES	0,625 mg/kg
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	ICP-OES	3 mg/kg
ITEN - Instituto Tecnológico de Ensaio Ltda.	CRL 0323	SP	AAS	0,20 ppm (0,20 mg/kg)
Intertek do Brasil Laboratórios Ltda.	CRL 0538	SP	ICP-OES	1,00 mg/kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	2,5 mg/kg
Unitec Unidade de Tecnologia e Ensaio Ltda Me	CRL 0973	SP	ICP-OES	1,63 mg/kg

Couros, calçados a afins: 3 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
SENAI/IST Couro e Meio Ambiente	CRL 0017	RS	HGAAS	0,20 mg/kg; 0,05 mg/kg
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	100 - 1300 mg/kg
			ICP-OES; AAS	10 mg/kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES; ICP-MS	0,090 mg/kg

Embalagens: 6 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
L.A. Falcão Bauer	CRL 0003	SP	AAS	0,001 mg/kg
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade Ltda.	CRL 0348	SP	CVAAS	0,005 mg/ kg 0,0002 mg/ kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	0,0001 mg/kg; 62,5 mg/kg (0,0065%); 3 mg/kg ou 0,0003
Novo Lab Serviços de Pesquisas e Ensaio Ltda.	CRL 1220	SP	ICP-OES	0,001 mg/L

Alimentos e bebidas: 23 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Nestlé Brasil Ltda. - Nestlé Quality Assurance Center	CFL 0038	SP	ICP-OES	0,005 mg/kg
BRF S.A - Laboratório de Jundiaí	CLF 0068	SP	ICP-MS	0,025 mg/kg
SGS do Brasil	CLR 049	SP	ICP-OES	0,052 mg/kg
TUV SUD SFDK Laboratório de análise de produtos Eireli	CRL 0087	SP	AAS	0,025 mg/L; 0,050 mg/kg
Bioagri Ambiental	CRL0172	SP	AFS	0,01 mg/kg
			ICP-MS	0,01 mg/kg; 0,001 mg/L
CETAL S/S LTDA	CRL 0221	SP	AAS	0,20mg/kg; 0,20mg/L
NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda.	CRL 0227	RS	ICP-OES; AAS	0,01 mg/kg
Conágua Ambiental Ltda.	CRL 0239	GO	HG OES	0,0002 mg/L (apenas água mineral)
Plantec P. T. A. Ltda. - Laboratórios LAFIQ/LALI/LAMED/LAMIC/LAM	CRL 0297	SP	ICP-MS	0,0001 mg/L (apenas água mineral)
A3Q Laboratório Ltda.	CRL 0298	PR	HG ICP-OES	0,001 mg/L; 0,001 mg/kg
Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP / OS / Laboratório de Química Analítica-LQA	CRL 0328	PE	Decomposição térmica e AAS	0,009 mg/Kg; 0,005 mg/Kg
Centro de Qualidade Analítica Ltda. - CQA Laboratórios	CRL 0337	SP	CV AAS	0,01 mg/L; 0,01 mg/kg; 0,001 mg/100 mL
Hidrolabor Laboratório de Controle de Qualidade Ltda.	CRL 0348	SP	CV AAS HG ICP-OES	0,001 mg/100g
Laboratório Nacional Agropecuário de Minas Gerais - LANAGRO-MG/MAPA, Base física de Pedro Leopoldo	CRL 0350	MG	AAS por combustão e amalgamação com ouro	0,0219 mg/kg; 0,00889 mg/kg; 0,024 mg/kg
MAPA /LANAGRO - Laboratório Nacional Agropecuário No RS - - LANAGRO/RS - Unidade Ponta Grossa	CRL 0384	RS	CV AAS	0,00769 mg/kg; 0,006 mg/kg

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
MAPA - Laboratório Nacional Agropecuário em São Paulo - LANAGRO / SP - Base Física Campinas	CRL 0389	SP	AAS com decomposição térmica/Amalgamação (TDA AAS)	0,005 mg/kg
MAPA - Laboratório Nacional Agropecuário em Pernambuco - Unidade Física Dois Irmãos	CRL 0484	PE	HG AAS	0,05 mg/kg
Laboratório ALAC Ltda. - Eurofins / ALAC	CRL 0611	RS	ICP-MS	0,002 mg/kg; 0,010 mg/kg; 0,0002 mg/L
Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas Ltda. - Green Lab	CRL 0637	RS	ICP-OES	0,0002 mg/L (apenas água e gelo)
Instituto Adolfo Lutz - Núcleos: Contaminantes Inorg, Ens Biolog e de Segurança, Ens FQ Cosm e Saneantes, Microbiol Alimentar	CRL 0679	SP	CV AAS	0,0002 mg/L (apenas água mineral)
Instituto Nacional de Análises e Pesquisas Ltda	CRL 0684	SP	CV ICP-OES	0,001 mg/L; 0,00001 g/100g
Freitag Laboratórios Ltda.	CRL 0687	SC	ICP-OES	0,003 mg Hg/L (água mineral e gelo)
BARCHA & BARCHA LTDA	CRL 705	SP	HG AAS	0,0001 mg/L (água mineral e gelo)

Cigarro: 1 laboratório

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Souza Cruz S.A. - Souza Cruz S.A. - Product Centre Americas	CLF 0023	RS	ICP-MS; CVAAS	1,1 ng/cig (fumaça da corrente primária do cigarro)
			ICP-MS	31 ng/g (blend de cigarro)

MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabaco: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Souza Cruz S.A. - Souza Cruz S.A. - Product Centre Americas	CLF 0023	RS	ICP-MS	31 ng/g
Philip Morris Brasil Indústria & Comércio Ltda. - Philip Morris Brasil Superlab	CLF 0060	RS	ICP-MS	4,03 ng/g

Ligas metálicas ferrosas e não-ferrosas: 3 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
SENAI - Departamento Regional de Minas Gerais/Laboratório de ensaios e análises de materiais	CRL 0126	MG	OES	0,0020 a 0,0100 %
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
			ICP-OES; AAS	10 mg/kg

Produtos metálicos, incluindo joias e bijuterias: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
			ICP-OES; AAS	10 mg/kg

Aço, ferroligas, ferro fundido e ferramenta: 1 laboratório

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	ICP-OES	5 mg/kg

Produtos têxteis 2: laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
SGS do Brasil Ltda	CRL 0558	SP	ICP-OES	62,5 mg/kg
			ICP-MS	0,05 mg/kg

Celulose, papel e produtos afins: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
SGS do Brasil Ltda	CRL 0558	SP	ICP-OES	0,364 mg/kg

Produtos de borracha e de plástico: 4 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
SENAI-Centro Tecnológico de Polímeros (São Leopoldo - RS)	CRL 0076	RS	ICP-OES	2,835 mg/kg; 0,223 mg/kg
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
			ICP-OES; AAS	10 mg/kg
Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL_Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Embalagens	CRL 0259	SP	ICP-OES	0,001 mg/kg

Tintas, pigmentos e corantes: 3 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL_Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Embalagens	CRL 0259	SP	ICP-OES	2,5 mg/kg
ITEN - Instituto Tecnológico de Ensaios Ltda.	CRL0323	SP	FAAS (ISO 3856-1 a 7: 1984(12))	-
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	62,5 mg/kg

Eletrrodomésticos e similares: 3 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
			ICP-OES; AAS	10 mg/kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	62,5 mg/kg

Máquinas e equipamentos de pequeno porte: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
			ICP-OES; AAS	10 mg/kg

Máquinas e equipamentos de medição e controle: 2 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	ICP-OES; AAS	10 mg/kg

Motores, equipamentos e materiais elétricos, incluindo baterias, pilha e acumulador: 6 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
SENAI DR/BA - Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro	CRL 0100	BA	CVAAS	0,0008mg/L
Tasqa Serviços Analíticos Ltda. - Laboratório ambiental	CRL 0165	SP	CVAAS	0,05 mg hg/kg 0,000005%
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
			ICP-OES; AAS	10 mg/kg
ITEN - Instituto Tecnológico de Ensaios Ltda.	CRL 0323	SP	ICP-OES	-
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	62,5 mg/kg

Máquinas para escritório e equipamentos de informática: 3 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			ICP-OES	0,01 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	62,5 mg/kg

Equipamentos e tecnologia da informação: 3 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
PUCRS - LABELO	CRL 0075	RS	FRX	20 mg/kg
			CVAAS	0,01 mg/L
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do UF de São Paulo - IPT_Centro De Química e Manufaturados - IPT/CQUIM	CRL 0249	SP	FRX	200 - 1300 mg/kg
			ICP-OES AAS	10 mg/kg
SGS do Brasil Ltda - SGS do Brasil Ltda.	CRL 0558	SP	ICP-OES	62,5 mg/kg

Cimento, matérias-primas, concreto e aditivos: 1 laboratório

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland	CLF 0024	SP	HGAAS	0,2 mg/kg 0,0008 mg/L

Massa niveladora: 1 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
L.A. Falcão Bauer	CRL 0003	SP	ICP-OES	0,625 mg/kg

Fertilizantes: 3 laboratórios

Laboratório	Acred.	UF	Técnica analítica	LQ
Bioagri Ambiental	CRL0172	SP	AFS	0,025 mg/kg
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Senai - Instituto Senai de Tecnologia de Meio Ambiente e Química - Laboratório Central	CRL 0475	PR	CVAAS	0,10 mg/kg
Campo Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal Ltda - Campo - Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental	CRL 1039	MG	ICP-OES	0,20 mg/kg

Anexo 1

Exemplo de Ficha de Acreditação INMETRO

 ESCOPO DA ACREDITAÇÃO – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – ENSAIO			
Norma de Origem: NIT-DICLA-016		Folha: 1	Total de Folhas: 9
RAZÃO SOCIAL/DESIGNAÇÃO DO LABORATÓRIO			
CENTRAL ANALÍTICA DE LABORATÓRIOS DO INSTITUTO SENAI DE TECNOLOGIA COURO E MEIO AMBIENTE / IST COURO E MEIO AMBIENTE			
ACREDITAÇÃO Nº		TIPO DE INSTALAÇÃO	
CRL 0017		INSTALAÇÃO PERMANENTE	
ÁREA DE ATIVIDADE / PRODUTO	CLASSE DE ENSAIO / DESCRIÇÃO DO ENSAIO	NORMA E /OU PROCEDIMENTO	
<u>COURO, CALÇADOS E ARTIGOS AFINS</u>	<u>ENSAIOS QUÍMICOS</u>		
COURO	Determinação da Matéria Volátil	ABNT NBR ISO 4684/2014	
	Determinação das Substâncias Extraíveis em Diclorometano	ABNT NBR 11030/2013	
	Determinação da Cinza Total Sulfatada	ABNT NBR 11031/2013	
	Determinação Química do Teor de Óxido Crômico – Parte 1: Quantificação por Titulação	ABNT NBR ISO 5398-1/2014. Versão corrigida 2:2014	
	Determinação do pH e Cifra Diferencial pelo Método Potenciométrico	ABNT NBR 11057/2006	
	Determinação de Cromo Hexavalente por Espectrometria de Absorção Molecular UV-VIS LQ: 3 mg/kg	ISO 17075-1/2017	
	Determinação de Formaldeído Livre e/ou Hidrolisado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência LQ: 0,50 mg/kg	ISO 17226-1/2008	
	Determinação de Cálcio Total por Espectrometria de Absorção Atômica por Chama de Ar-Acetileno LQ: 0,002%	CTC-FQ/19.001,2 Rev. 09	
<i>“Este Escopo cancela e substitui a revisão emitida anteriormente”</i>			
_____		Em, 10/04/2018	

FOR-CGCRE-003 – Rev. 11 – Apr. MAR/13 – Pg. 01/06

Anexo 2

Modelo de ficha resumo elaborada para cada laboratório.

Nome do laboratório

Estado:

Cidade:

Contato:

Nome do responsável pelo laboratório:

Nome do contato telefônico:

Cargo:

Data da ligação:

1) Faz análise de mercúrio?

2) O laboratório faz prestação de serviços ou é de autocontrole?

3) Quais as matrizes analisadas?

4) Confirma acreditação para análise de mercúrio?

5) Quais as técnicas analíticas utilizadas para cada matriz?

6) Qual(is) limite(s) de quantificação das análises realizadas?

7) Qual a capacidade de análise de mercúrio para cada matriz por ano?

Observações:

Anexo 3

Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária

Endereços e informações de contato dos Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária¹²

LFDA - GOIÁS

Coordenador substituto: Valter Ferreira Félix Bueno

E-mail: lanagro-go@agricultura.gov.br

Endereço: Rua da Divisa s/nº Setor Jaó

CEP: 74674-025 - Goiânia-GO

Fone: (62) 3232 7202; 3232 7204; 3232 7206; 3232 7208 Fax: (62) 3232 7205

LFDA - PERNAMBUCO

Coordenadora: Cláudia de Farias Cordeiro

E-mail: lanagro.gab.pe@agricultura.gov.br

E-mail: claudia.cordeiro@agricultura.gov.br

Endereço: Rua Manoel de Medeiros, s/nº - Dois Irmãos

CEP: 52171-030- Recife-PE

Fone: (81) 3231 9050, 3231 9500 e 3231 9750 Fax: (81) 3231 9050

LFDA - PARÁ

Coordenador: Ricardo Carvalho Belizário

E-mail: lanagro-pa@agricultura.gov.br

E-mail: ricardo.belizario@agricultura.gov.br

Endereço: Av. Almirante Barroso, 1234 - Bairro Marco

CEP: 66093-032 - Belém-PA

Fone: (91) 3226 4233; 3226 4310; 3226 8814 Fax : (91) 3226 2682

LFDA – Estado de SÃO PAULO

Coordenador: André de Oliveira Mendonça

E-mail: coord.lanagrosp@agricultura.gov.br

E-mail: dlab.lanagrosp@agricultura.gov.br

BASE FÍSICA DE CAMPINAS

Endereço: Rua Raul Ferrari, s/nº - Jardim Santa Marcelina

Caixa Postal 5538

CEP: 13100-105 - Campinas-SP

Fone: (19) 3254-2329 Fax: (19) 3254-2263

SLAV JUNDIAÍ/SP

Seção Laboratorial Avançada - SLAV Jundiaí

Endereço: Av. Jundiaí, nº 773

Bairro: Anhangabaú

CEP: 13208-051

¹² <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/lanagros> (acesso em: 25.04.2019)

Cidade: Jundiaí-SP
Fone: (11) 4521-5656 Fax: (11) 4586-0041

LFDA – RIO GRANDE DO SUL

Coordenador: Fabiano Barreto
E-mail: lanagrors@agricultura.gov.br

BASE FÍSICA PORTO ALEGRE

Endereço: Estrada da Ponta Grossa, 3036
CEP: 91780-580 - Porto Alegre-RS
Fone: (51) 3248 2133; 3248 1926
Fax: (51) 3248 2133

BASE FÍSICA FARRAPOS

Endereço: Av. Farrapos, nº 285
Bairro: Floresta
CEP: 90220-004

BASE FÍSICA SÃO JOSÉ/SC

Endereço: Rua João Grumiché, 117 Bairro: Kobrasol CEP: 88102-600
LFDA – MINAS GERAIS

Coordenador
Ricardo Aurélio Pinto Nascimento
E-mail: lanagro-mg@agricultura.gov.br
E-mail: ricardo.pinto@agricultura.gov.br

BASE FÍSICA PEDRO LEOPOLDO/MG

Endereço: Av. Rômulo Joviano, s/nº Caixa Postal 35, 50
CEP.: 33600-000 – Fone: (31) 3660 9600

Cidade: Pedro Leopoldo/MG

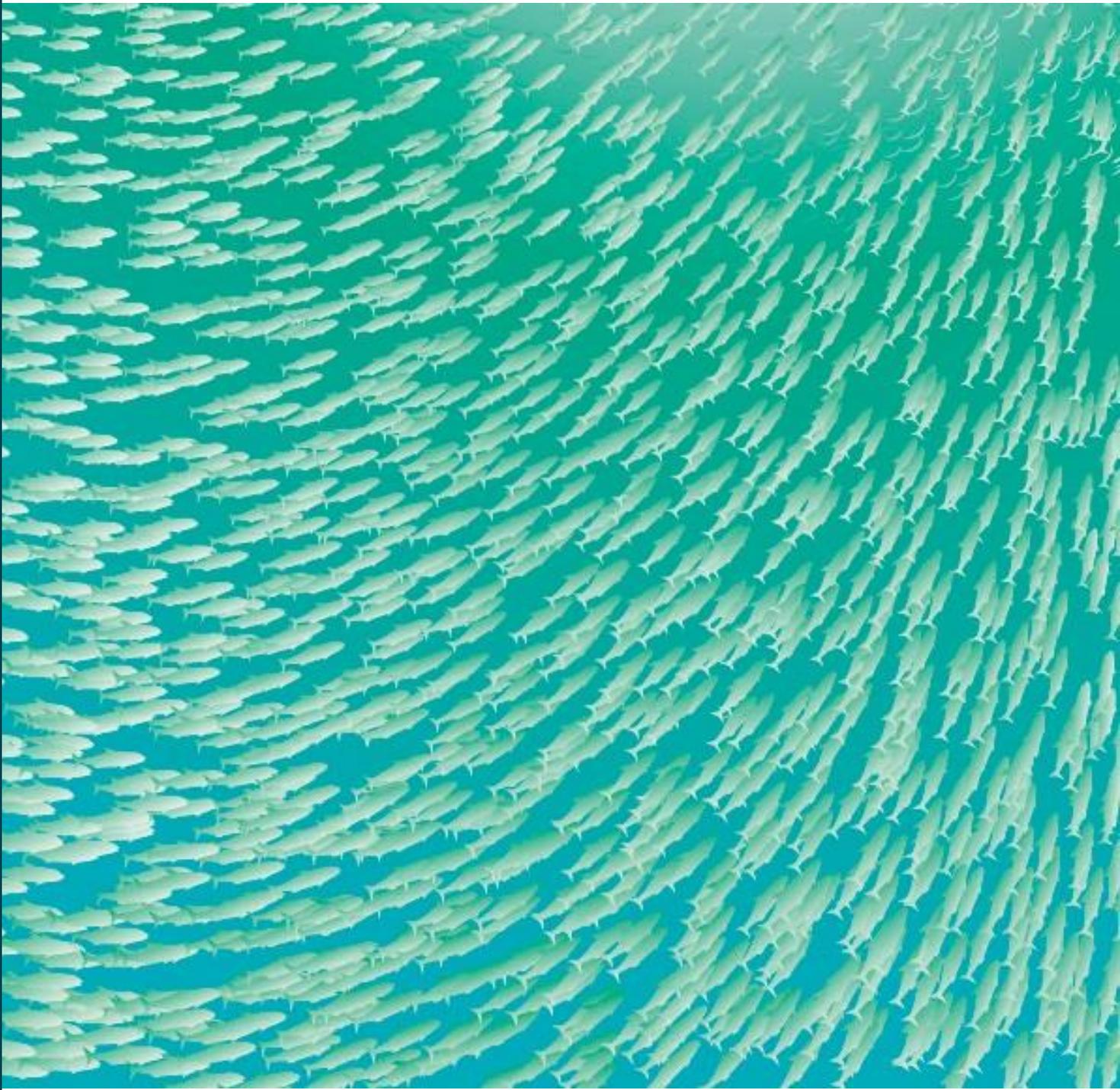
BASE FÍSICA BELO HORIZONTE/MG

Laboratório de Análises Físico-Químicas de Produtos de Origem Vegetal para Fins de
Classificação - POV/LACQSA/LANAGRO-MG
Endereço: Av. Raja Gabaglia, 245 Bairro: Cidade Jardim
Cidade: Belo Horizonte/MG

Avaliação da Capacidade Laboratorial Nacional para Mensuração de Mercúrio em Diferentes Matrizes

Documento Preliminar

26 de abril de 2019

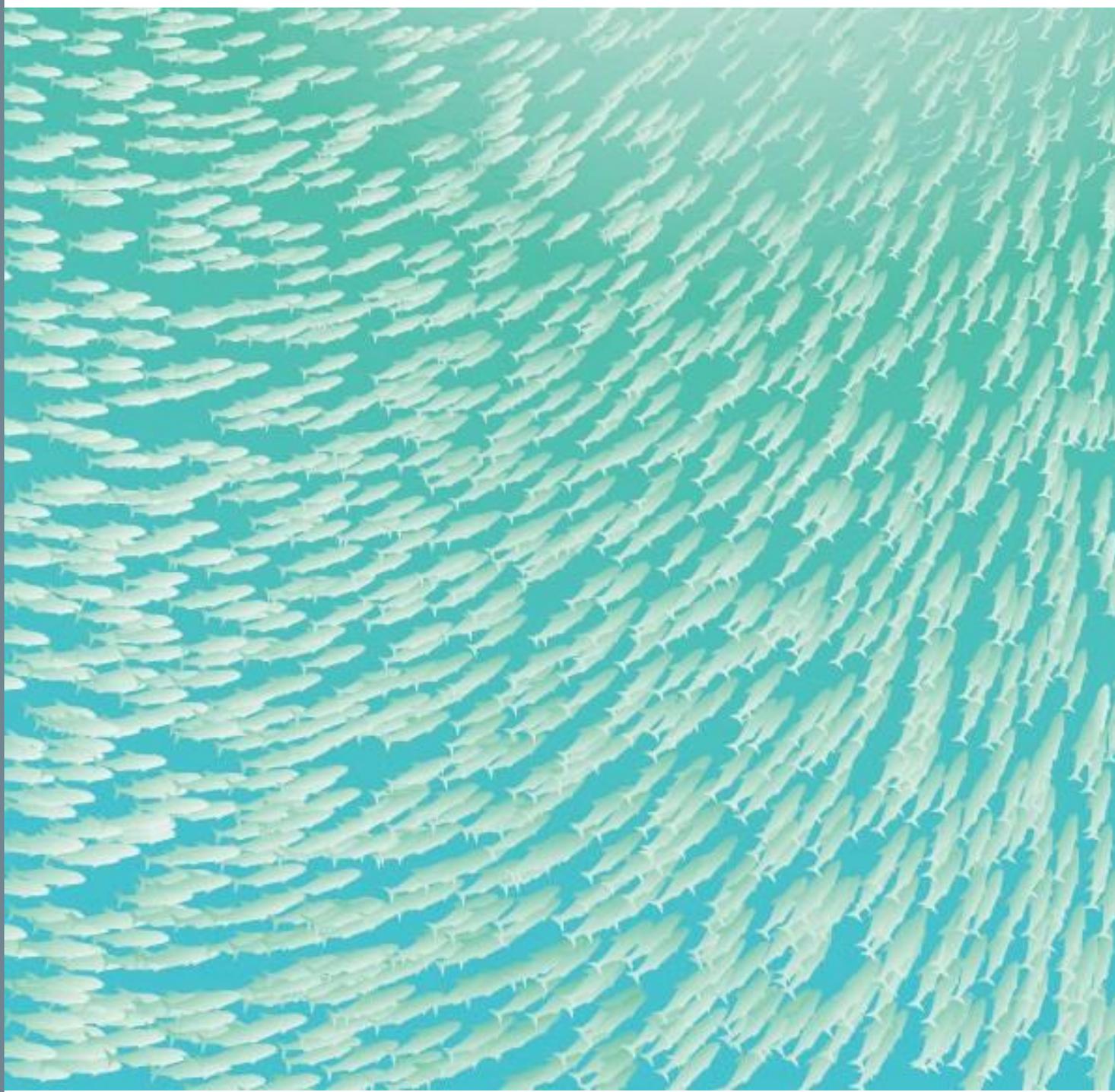


Avaliação da Capacidade Laboratorial Nacional para Mensuração de Mercúrio em Diferentes Matrizes

Documento Preliminar

Produto 1 (Capacidade Laboratorial) Produto 5 (Convênio)

Data: 26 de abril de 2019



Avaliação da Capacidade Laboratorial Nacional para Mensuração de Mercúrio em Diferentes Matrizes

Contato do responsável por este trabalho	
Nome completo da instituição	Centro de Apoio à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (CEAP-FSP/USP)
Pessoa para contato	João Vicente de Assunção / Larissa Ciccotti Freire
Endereço de e-mail	jjanya@usp.br
Número de telefone	(11) 3061-7885
Número de fax	(11) 3062-8540
Site da instituição na internet	http://www.fsp.usp.br/site/paginas/mostrar/1385
Data de emissão do relatório	26 de abril de 2019.

Autoria

João Vicente de Assunção (coordenador)

Ana Paula Francisco

Edson Pacheco Junior

Larissa Ciccotti Freire

Ministério do Meio Ambiente (Equipe Técnica)

Camila Arruda Boechat

Diego Henrique Costa Pereira

Tatiana Pierre Francisco

Resumo

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio tem como objetivo proteger o meio ambiente e a saúde de emissões e liberações antrópicas de mercúrio. Para atingir este objetivo há necessidade de informações estruturantes para cumprimento das diversas provisões da Convenção. Dentre estas informações, avaliar a rede laboratorial existente para monitoramento de mercúrio em diferentes matrizes, é de primordial importância. Assim, este trabalho foi desenvolvido com vistas a atender a esta finalidade. **Objetivos:** O trabalho teve como objetivo geral “realizar a avaliação da capacidade laboratorial nacional para mensuração de mercúrio em diferentes matrizes”. Os objetivos específicos fixados foram: a) quantificar os laboratórios de referência existentes que trabalham com a mensuração de mercúrio; b) identificar as principais matrizes utilizadas pelos laboratórios; c) compreender os métodos utilizados. **Metodologia:** A capacidade brasileira de análise de mercúrio foi verificada em relação às matrizes que devem ser consideradas para análise laboratorial de mercúrio, bem como os métodos analíticos utilizados, com vista ao atendimento da Convenção. Desta forma, foram verificados todos os artigos e disposições da Convenção e respectivas matrizes necessárias de serem analisadas, bem como as matrizes que devem ser analisadas para atender às disposições legais e aquelas necessárias à verificação ou monitoramento da exposição da população a este metal e seus principais compostos de interesse. A base do levantamento foi de dados secundários, obtidos por pesquisa bibliográfica e documental. Para obtenção dos laboratórios certificados segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, consultou-se a base de dados do INMETRO. Adicionalmente, foram verificadas as redes de laboratórios oficiais que dão suporte ao monitoramento de mercúrio, em especial da ANVISA e Ministério da Agricultura. **Resultados:** O presente relatório apresenta os resultados da fase preliminar, onde foram detectados 125 laboratórios certificados pelo INMETRO e ativos para análise de mercúrio, apresentados segundo as matrizes analisadas, métodos de análise utilizados e distribuição geográfica. Duas grandes redes de laboratórios de referência oficiais foram identificadas, a Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária (RNLVISA) e a Rede de Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária (LFDAs), além da Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde (REBLAS) que inclui também laboratórios privados.

Lista de Figuras

FIGURA 1 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO, ATIVOS EM 20/04/2019.	25
FIGURA 2 NÚMERO DE LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO, ATIVOS EM 20/04/2019, SEGUNDO CONJUNTO DE MATRIZES.....	26
FIGURA 3 NÚMERO DE LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO, ATIVOS EM 20/04/2019, SEGUNDO TIPO DE MATRIZ AMBIENTAL.	28
FIGURA 4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO EM MATRIZES AMBIENTAIS, ATIVOS EM 20/04/2019.....	29
FIGURA 5 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO QUE REALIZAM ANÁLISE DE MERCÚRIO EM PRODUTOS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANA, ATIVOS EM 20/04/2019.....	31
FIGURA 6 DISTRIBUIÇÃO DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO, SEGUNDO TIPO DE MATRIZ RELACIONADA À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANA.	32
FIGURA 7 DISTRIBUIÇÃO DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO, POR CONJUNTO DE PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES.	33
FIGURA 8 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO EM PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES.....	34
FIGURA 9 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO EM MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS.	36
FIGURA 10 NÚMERO DE LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO, ATIVOS EM 20/04/2019, QUE FAZEM ANÁLISE DE MERCÚRIO POR CONJUNTO DE MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS.	37

Lista de Tabelas

TABELA 1 MATRIZES A SEREM CONSIDERADAS PARA ANÁLISE DE MERCÚRIO, SEGUNDO AS DISPOSIÇÕES DA CONVENÇÃO DE MINAMATA SOBRE MERCÚRIO.....	31
TABELA 2 MÉTODOS DISPONÍVEIS PARA A IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MERCÚRIO E SEUS RESPECTIVOS LIMITES DE DETECÇÃO.	34
TABELA 3 DISTRIBUIÇÃO DOS LABORATÓRIOS SEGUNDO TIPO DE ATUAÇÃO	47
TABELA 4 MATRIZES A SEREM CONSIDERADAS PARA ANÁLISE DE MERCÚRIO, SEGUNDO AS DISPOSIÇÕES DA CONVENÇÃO DE MINAMATA SOBRE MERCÚRIO.....	16
TABELA 5 MÉTODOS DISPONÍVEIS PARA A IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MERCÚRIO E SEUS RESPECTIVOS LIMITES DE DETECÇÃO.	18
TABELA 6 MENOR LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (LQ) DE MERCÚRIO POR MATRIZ E MÉTODO UTILIZADO.	30
TABELA 7 MENOR LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO POR MATRIZ E MÉTODO UTILIZADO EM AMOSTRAS RELACIONADAS À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANA, NOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS.	33
TABELA 8 MENOR LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO PARA MERCÚRIO, SEGUNDO CONJUNTO DE PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES E MÉTODO UTILIZADO, NOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS E ATIVOS.	35
TABELA 9 MENOR LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO DE MERCÚRIO, SEGUNDO MATRIZ E MÉTODO UTILIZADO NA ANÁLISE DE MERCÚRIO EM AMOSTRAS DO GRUPO MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS.	38

Lista de Abreviaturas e Siglas

AAS - Espectrometria de Absorção Atômica

AFS - Espectrometria de Fluorescência Atômica

AM - Analisador magnético

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CVAAS - Espectrometria de Absorção Atômica com Vapor Frio

CVAFS - Espectrometria de Fluorescência Atômica com Vapor Frio

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz

GFAAS - Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite

HGAAS - Espectrometria de Absorção Atômica com Geração de Hidreto

ICP MS - Espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente

ICP OES - Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente

INAA - Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental

INCQS - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LACEN - Laboratórios Centrais

LFDAs - Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

NAA - Análise por Ativação com Nêutrons

PAS - Espectrometria Fotoacústica

REBLAS - Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde

RNAA - Análise por Ativação com Nêutrons Radioquímica

RNLVISA - Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária

TOF - Tempo-de-voo (*time-of-flight*)

XRF - Fluorescência de Raio X

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
2	MATRIZES CONSIDERADAS NA INFRAESTRUTURA LABORATORIAL	10
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	10
2.2	MATRIZES REQUERIDAS SEGUNDO LEGISLAÇÃO	12
2.2.1	RESOLUÇÕES CONAMA	12
2.2.2	LEGISLAÇÃO DA ÁREA DA SAÚDE	13
2.2.3	LEGISLAÇÃO DA ÁREA DA AGRICULTURA E PECUÁRIA	14
2.2.4	REGULAMENTAÇÃO DO INMETRO	14
2.3	MATRIZES REQUERIDAS PARA MONITORAMENTO DA EXPOSIÇÃO DA POPULAÇÃO	14
2.4	MATRIZES REQUERIDAS PARA SUPORTE À CONVENÇÃO DE MINAMATA SOBRE MERCÚRIO	15
2.5	CONJUNTO DE MATRIZES A SEREM ANALISADAS	17
3	MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO	18
3.1	ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA	20
3.2	ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA ATÔMICA	21
3.3	ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ATÔMICA POR PLASMA INDUTIVAMENTE ACOPLADO	21
3.4	OUTROS MÉTODOS DE ANÁLISE	22
4	LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO	24
4.1	METODOLOGIA DO LEVANTAMENTO	24
4.2	RESULTADOS GERAIS	24
4.3	DISTRIBUIÇÃO DOS LABORATÓRIOS POR GRUPO DE MATRIZES ANALISADAS	26
4.3.1	MATRIZES ANALISADAS EM AMOSTRAS AMBIENTAIS	27
4.3.2	MATRIZES ANALISADAS EM AMOSTRAS BIOLÓGICAS HUMANAS	27
4.3.3	MATRIZES ANALISADAS EM PRODUTOS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANA	27
4.3.4	MATRIZES ANALISADAS EM PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES	27
4.3.5	MATRIZES ANALISADAS EM MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS	27
4.4	DETALHAMENTO DOS LABORATÓRIOS CERTIFICADOS SEGUNDO MATRIZ ANALISADA, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E TÉCNICA DE ANÁLISE E RESPECTIVO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO	28
4.4.1	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS AMBIENTAIS	28
4.4.2	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS HUMANAS	30
4.4.3	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE PRODUTOS RELACIONADOS À SAÚDE E SEGURANÇA HUMANA	31
4.4.4	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE PRODUTOS DE CONSUMO E SIMILARES	33
4.4.5	LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DO GRUPO MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E PRODUTOS INDUSTRIAIS	35
5	LABORATÓRIOS DE REFERÊNCIA OFICIAIS	39
5.1	REDE NACIONAL DE LABORATÓRIOS DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (RNLVISA)	39
5.2	LABORATÓRIOS FEDERAIS DE DEFESA AGROPECUÁRIA – LFDAs	39
6	REFERÊNCIAS	42

ANEXO 1 – EXEMPLO DE FICHA DE ACREDITAÇÃO INMETRO.....	44
ANEXO 2 - LABORATÓRIOS FEDERAIS DE DEFESA AGROPECUÁRIA	45

1 INTRODUÇÃO

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio (ONU, 2014) tem como objetivo proteger o meio ambiente e a saúde de emissões e liberações antrópicas de mercúrio. Para atingir este objetivo, há necessidade de informações estruturantes para cumprimento das diversas provisões da Convenção. Dentre estas informações, a rede laboratorial existente para monitoramento de mercúrio em diferentes matrizes, é de primordial importância. Assim, este trabalho foi desenvolvido com vistas a atender a esta finalidade. Este trabalho teve como objetivo geral “realizar a avaliação da capacidade laboratorial nacional para mensuração de mercúrio em diferentes matrizes”. Os objetivos específicos fixados são: a) quantificar os laboratórios de referência existentes que trabalham com a mensuração de mercúrio; b) identificar as principais matrizes utilizadas pelos laboratórios; c) compreender os métodos utilizados.

A capacidade brasileira de análise de mercúrio foi verificada em relação às matrizes que devem ser consideradas para análise laboratorial de mercúrio, bem como os métodos analíticos utilizados, com vista ao atendimento da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, doravante denominada simplesmente Convenção. Desta forma, foram verificados todos os artigos e disposições da Convenção e respectivas matrizes necessárias de serem analisadas. Complementarmente, estão apresentadas outras matrizes necessárias de serem analisadas para atender às disposições legais e aquelas necessárias à verificação ou monitoramento da exposição da população a este metal e seus principais compostos de interesse.

Na verificação da infraestrutura existente foram considerados todos os laboratórios certificados segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração¹³, conforme listagem constante do site do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (www.inmetro.gov.br) na Internet, em 20 de abril de 2019. Esta norma especifica os requisitos gerais para a competência, imparcialidade e operação consistente de laboratórios. Foram identificados também os laboratórios de referência indicados por instituições governamentais.

2 MATRIZES CONSIDERADAS NA INFRAESTRUTURA LABORATORIAL

2.1 Considerações Iniciais

O mercúrio pode estar presente na forma metálica (Hg^0), e de seus compostos inorgânicos (Hg^1 e Hg^2) e ainda na forma orgânica, principalmente metilmercúrio e etilmercúrio, é de grande

¹³ <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=384244>

interesse devido à sua alta toxicidade (COUNTERA & BUCHANANB, 2004; BERNHOFT, 2012). Assim, foram consideradas análises laboratoriais em relação às diversas formas do mercúrio e também para determinação do mercúrio total.

A decisão quanto às diversas matrizes necessárias de serem analisadas no processo de atendimento às disposições da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, para verificação da infraestrutura laboratorial correspondente, nos remeteu inicialmente à sua presença na natureza e ao ciclo do mercúrio no ambiente, o processo de transporte e difusão e os compartimentos ambientais em que estaria presente, bem como no uso em produtos e processos e como componente de matérias-primas e combustíveis, em resíduos sólidos e líquidos e em emissões, em produtos de uso geral da população, em alimentos e na sua presença em humanos, vegetais e animais.

O levantamento feito para o inventário nacional de emissões e liberações de mercúrio mostrou que há carência de dados de conteúdo de mercúrio tanto em matérias primas naturais (minérios, calcário, combustíveis, etc.) como em resíduos, efluentes líquidos, emissões, materiais de uso na indústria, produtos e subprodutos. Portanto, a infraestrutura laboratorial deverá também atender demandas de inventários futuros, no sentido da melhoria da qualidade e quantidade de dados de conteúdo de mercúrio.

A legislação também fixa valores limites de conteúdo de mercúrio permitido não só em resíduos, efluentes líquidos e gasosos, produtos e subprodutos, como também em alimentos (pescados e frutos do mar em especial), produtos de uso da população (mamadeiras, brinquedos, cosméticos, etc.), embalagens, etc.

O mercúrio é tóxico para o ser humano, plantas e animais. Na questão dos efeitos a humanos, a verificação da intoxicação ou exposição a compostos de mercúrio pode ser feita pela sua presença, por exemplo, no sangue (exposição recente) e urina (exposição crônica) (COUNTERA & BUCHANANB, 2004; BERNHOFT, 2012; PARK & ZHENG, 2012).

Os efeitos adversos à saúde da exposição pelo mercúrio dependem da forma química (elementar, inorgânica ou orgânica), da via de exposição (inalação, ingestão ou absorção cutânea) e do nível de exposição. O vapor de mercúrio e o metilmercúrio são mais facilmente absorvidos do que os sais de mercúrio inorgânicos e, portanto, são mais tóxicos.

Na superfície terrestre o mercúrio está presente principalmente na forma metálica ou de seus sais. Devido à volatilidade do metal, a principal rota de sua disseminação no ambiente é a atmosférica e, pelo processo de transporte e difusão, pode então sofrer oxidação, deposição seca, deposição úmida e outros processos como metilação e bioacumulação em peixes e

fotodegradação. Além disso, pode ocorrer o carreamento direto do mercúrio para corpos d'água e solo. Pela metilação tem-se a sua transformação em mercúrio orgânico e sua bioacumulação na cadeia alimentar, sendo esta a principal forma do mercúrio encontrada em peixes. Este processo é mediado por microorganismos, principalmente por bactérias redutoras de enxofre, tanto em condições aeróbicas como anaeróbicas. (SELIN, 2009)

Alguns elementos em baixas concentrações são essenciais para o crescimento das plantas, enquanto outros, como o Mercúrio, não tem nenhuma atividade biológica. Peixes de água salgada e de água doce, frutos do mar e vários outros organismos marinhos são fontes de exposição da população ao mercúrio.

Assim, as matrizes que necessitarão serem analisadas estão contidas nos seguintes três pilares:

- a) existência de limites na legislação e, portanto, deverão ser analisados para verificação de conformidade legal;
- b) ocorrência de efeitos aos humanos e ambiental e, assim, técnicas de mensuração deverão estar disponíveis para análise de indicadores de exposição;
- c) presença em materiais naturais, matérias primas, combustíveis, produtos e materiais cujos teores de mercúrio deverão estar disponíveis para suprir inventários de fontes, emissões e liberações de mercúrio, previstas na Convenção.

2.2 Matrizes Requeridas Segundo Legislação

A legislação, com vistas à capacidade laboratorial para tender aos requisitos da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, precisa ser considerada de uma forma ampla, não só aquela com finalidade ambiental. Assim, a regulação do mercúrio então deve ser vista nos regulamentos ambientais, regulamentos da agricultura, regulamentos da saúde e regulamentos de produtos de uso do consumidor.

A primeira e principal fonte de dados para a verificação de matrizes para atender o aspecto legislação foi o relatório do Instituto Avaliação contendo análise dos marcos regulatórios para a Convenção de Minamata sobre Mercúrio (INSTITUTO AVALIAÇÃO, 2017). Segundo este relatório, as necessidades atuais com respeito à legislação são:

2.2.1 Resoluções CONAMA

As resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA requerem que a análise de mercúrio seja feita nas seguintes matrizes: ar, água, solo contaminado, água de consumo humano, emissões, efluentes líquidos, resíduos sólidos.

Limites foram estabelecidos pelo **CONAMA**: efluentes de qualquer fonte lançados diretamente no corpo d'água; corpos de água doce, salobros e salinos e água subterrânea; solo e água subterrânea; lodo de ETE para uso agrícola.

2.2.2 Legislação da área da saúde

ANVISA: exigências e ou limites foram feitas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA para substâncias de ação conservante permitidas para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes; medicamentos; resíduos de serviços de saúde; resíduos sólidos nas áreas de portos, aeroportos, passagens de fronteiras e recintos alfandegados; embalagens, revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos metálicos em contato com alimentos; produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis; águas envasadas e gelo.

Ministério da Saúde: a Portaria MS nº 10 de 15/07/1980, proíbe a fabricação e a venda dos produtos que contenham em sua fórmula, isolada ou associada substâncias compostas de mercúrio.

Ministério da Saúde, incluindo ANVISA: estabeleceu limites para: água envasada e gelo; materiais metálicos usados em embalagens, revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos em contato com alimento; corantes que entrem em contato com alimento; peixes, moluscos e crustáceos; água usada em hemodiálise; embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos; materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos durante cocção ou aquecimento em forno (antraquinona; dióxido de silício; silicato ou mistura de silicatos de alumínio, cálcio e magnésio, incluindo caulim e talco, excluído asbestos; sulfato de cálcio; dióxido de titânio; amido natural e modificado; amido esterificado com ácido fosfórico; amido tratado com cloreto de 3-cloro-2-hidroxi-propil-trimetilamônia ou cloreto de glicidil trimetilamônia); embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos; água do concentrado em polieletrólitos para hemodiálise; produtos vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis; organomercuriais de uso na agricultura (proibido), residuais em frutas, hortaliças e legumes.

Regulamento Técnico Mercosul: estabeleceu limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos (peixes, moluscos e crustáceos); corantes em embalagens e equipamentos plásticos destinados a estar em contato com alimentos; materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos; materiais, embalagens e equipamentos celulósicos destinados a entrar em contato com alimentos durante a cocção ou aquecimento em forno; normas de segurança em brinquedos.

2.2.3 Legislação da área da agricultura e pecuária

A Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, MAPA/SDA nº 24, de 20/06/2007, reconheceu os métodos analíticos da *United States Environment Protection Agency* - US.EPA, para determinação de metais pesados tóxicos em fertilizantes, corretivos agrícolas, condicionadores de solo e substratos para plantas, adotando; Portaria MAPA/SDA nº 06, de 29/04/1980 proibiu o registro de fungicidas contendo mercúrio;

A Instrução Normativa MAPA no 46 de 06/10/2011 estabeleceu o regulamento técnico de sistemas orgânicos de produção (estabelece o limite máximo de contaminação por mercúrio de 0,4 mg/kg em base seca, para o uso de compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não orgânicos).

2.2.4 Regulamentação do INMETRO

Portaria INMETRO nº 108, de 13/06/2005 estabelece que a biodisponibilidade diária de mercúrio resultante do uso dos brinquedos não deve exceder de 0,5 µg.

2.3 Matrizes Requeridas para Monitoramento da Exposição da População

Para a determinação da exposição da população recorreu-se a trabalhos publicados em periódicos científicos, a partir de revisões da literatura sobre o tema, que dão uma visão geral do que está sendo utilizado. Para sua busca foi considerada a plataforma Scopus, tendo sido adotados os termos, em conjunto, “mercury”, “effects” e “review”, fixando o período de 20 anos (1999 a 2019), e na área de medicina. Com esta busca obteve-se onze artigos, dos quais selecionamos três como os mais relevantes para este trabalho, são os trabalhos de Park & Zheng (2012), Passos & Mergler (2008) e Rice et al. (2014).

Para ter outro artigo específico da região amazônica adicionou-se o termo “Amazon” e foi feita então a pesquisa na *Google Scholar*. Selecionou-se o artigo de Hacon S. et al. (2008). Estes artigos se mostraram suficientes para os objetivos deste trabalho.

O trabalho de revisão literária feito por Hacon et al. (2008) analisou 455 publicações (teses, livros, artigos, etc.) do período 1990 – 2005. De um total de 326 artigos, 38% foram levantamentos sobre contaminação de compartimentos ambientais, seguidos de 31% de estudos relacionados à saúde. Os estudos em amostras de matrizes ambientais foram feitos em peixes amazônicos (39%), água (16%), sedimentos (15%), solo (14%), ar (9%), plantas (5%) e animais selvagens (2%). As análises de amostras biológicas humanas para verificar a exposição

ao mercúrio utilizou cabelo (60%), urina (19%), sangue (17%), leite materno (3%) e células do palato (1%). Cabelo e sangue foram utilizados para verificação da exposição a metilmercúrio via ingestão de peixe e urina primordialmente para verificar exposição ao mercúrio metálico.

A revisão literária feita por Park & Zheng (2012) sobre exposição humana e efeitos à saúde do mercúrio elementar e dos compostos de mercúrio inorgânicos mostrou que o mercúrio sanguíneo é um biomarcador útil após exposição de curto prazo e a níveis altos de mercúrio, enquanto o mercúrio urinário é o biomarcador ideal para exposição a longo prazo ao mercúrio tanto elementar quanto inorgânico, e também como um bom indicador da carga corporal.

O trabalho de revisão literária de Passos & Mergler (2008) versou sobre a exposição humana ao mercúrio e efeitos adversos à saúde, na Amazônia, mas basicamente sobre consumo de peixe e o cabelo como bioindicador de exposição.

O trabalho de Rice et al. (2014) aborda a fisiopatologia sistêmica de sistemas de órgãos individuais associados ao envenenamento por mercúrio. No que diz respeito aos indicadores de contaminação, sangue, urina e cabelo são os bioindicadores de exposição ao mercúrio mencionados.

Assim, as seguintes matrizes para monitoramento da exposição humana ao mercúrio podem ser consideradas como essenciais: fluidos biológicos (sangue, urina e eventualmente leite materno) e cabelo.

2.4 Matrizes Requeridas para Suporte à Convenção de Minamata sobre Mercúrio

A análise do texto da Convenção (ONU, 2014) foi feita com a finalidade de identificar as matrizes necessárias de serem analisadas, resultando no resumo apresentado na Tabela 4. Os resultados indicam a necessidade de análise laboratorial em emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos, matérias-primas, combustíveis, resíduos coprocessados, resíduos incinerados, materiais e produtos diversos (pilhas, baterias, comutadores e interruptores elétricos, antissépticos tópicos de uso veterinário). Solo, águas subterrâneas, águas superficiais e ar atmosférico necessitarão de análise laboratorial em relação à presença de mercúrio para fins de verificação de pontos de contaminação e riscos à saúde da população, bem como prover dados para inventários.

Alguns produtos nos quais o mercúrio deve deixar de ser utilizado, como lâmpadas, barômetros, higrômetros, manômetros, esfigmomanômetros e termômetros, eventualmente poderia ser necessária a confirmação por análise laboratorial.

Tabela 1 Matrizes a serem consideradas para análise de mercúrio, segundo as disposições da Convenção de Minamata sobre Mercúrio.

Material, Produto ou Processo	Artigo e/ou Anexo da Convenção de Minamata	Matriz a ser Considerada para Obtenção de Dados para Inventário
Produtos com mercúrio adicionado		
Pilhas e baterias	Art. 4, Anexo A	Pilhas e baterias
Comutadores e interruptores elétricos	Art. 4, Anexo A	Comutadores e interruptores elétricos
Lâmpadas	Art. 4, Anexo A	Lâmpadas
Cosméticos	Art. 4, Anexo A	Cosméticos
Pesticidas e biocidas	Art. 4, parágrafo 1, Anexo A	Pesticidas e biocidas
Antissépticos tópicos	Art. 4, parágrafo 1, Anexo A	Antissépticos tópicos
Instrumentos de medição	Art. 4, parágrafo 1, Anexo A	Barômetros, higrômetros, manômetros, termômetros e esfigmomanômetros
Restauração dentária com amálgama	Art. 4, parágrafo 3, Anexo A	Amálgama, emissões atmosféricas, resíduos e efluentes líquidos
Processos de manufatura nos quais mercúrio ou compostos de mercúrio são utilizados		
Produção de cloro-álcalis	Artigo 5, parágrafo 2, Anexo B	Emissões atmosféricas, resíduos e efluentes líquidos
Produção de acetaldeído com catalisadores de mercúrio ou seus compostos	Artigo 5, parágrafo 2, Anexo B	Não há produção no Brasil
Produção de monômeros de cloreto de vinila	Artigo 5, parágrafo 3, Anexo B	Não há produção no Brasil
Produção de metilato ou etilato de sódio ou potássio	Artigo 5, parágrafo 3, Anexo B	Não há produção no Brasil
Produção de poliuretano usando catalisadores contendo mercúrio	Artigo 5, parágrafo 3, Anexo B	Não há produção no Brasil
Mineração de ouro artesanal e em pequena escala		
Mineração com uso de amalgamação com mercúrio	Artigo 7	Emissões atmosféricas, resíduos, efluentes líquidos
Emissões		
Usinas termelétricas e caldeiras movidas a carvão mineral	Artigo 8, Anexo D	Carvão mineral, emissões atmosféricas, resíduos, efluentes líquidos
Processos de fundição e ustulação de metais não ferrosos (Pb, Zn, Cu e Au)	Artigo 8, Anexo D	Minérios, emissões atmosféricas, resíduos, efluentes líquidos
Incineradores de resíduos	Artigo 8, Anexo D	Resíduos incinerados, emissões atmosféricas, resíduos gerados, efluentes líquidos
Produção de cimento (clínquer)	Artigo 8, Anexo D	Matérias-primas, combustíveis, resíduos coprocessados, emissões atmosféricas, resíduos, efluentes líquidos
Liberações		
Sistemas de coleta e tratamento de águas residuais	Artigo 9	Efluentes líquidos e resíduos, incluindo lodo
Disposição de resíduos	Artigo 9	Resíduo disposto, efluentes líquidos e emissões atmosféricas
Resíduos de mercúrio		
Reciclagem de mercúrio	Artigo 11	Resíduos processados, produtos gerados, resíduos gerados, emissões e efluentes líquidos
Áreas contaminadas		
Identificação e avaliação de áreas contaminadas	Artigo 12	Solo, águas subterrâneas, águas superficiais, ar atmosférico

2.5 Conjunto de Matrizes a Serem Analisadas

Considerando os três pilares descritos acima (legislação, monitoramento da exposição da população e Convenção de Minamata sobre Mercúrio), as matrizes foram distribuídas em cinco grupos de amostras para análise de mercúrio: a) Amostras ambientais; b) Amostras biológicas humanas; c) Produtos relacionados à saúde e segurança humanas; d) Produtos de consumo e similares; e) Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.

Nas **amostras ambientais** estão inseridas as matrizes água, resíduos sólidos, resíduo líquido, emissões, sedimento, solo, plantas, ar atmosférico e amostras biológicas (peixes, moluscos, tecido vegetal).

Nas **amostras biológicas humanas** estão considerados cabelo, sangue, urina e leite materno, enquanto em **produtos relacionados à saúde e segurança humanas** estão considerados equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos, implantes mamários, produtos farmacêuticos e materiais diversos (luvas, máscaras, próteses, etc.). Em **produtos de consumo e similares** estão considerados alimentos e bebidas, artigos escolares, brinquedos, calçados e afins, embalagens e outros produtos de uso infantil.

Em **máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais**, pode-se considerar eletrodomésticos, equipamento de medição e controle, produtos metálicos, produtos têxteis, celulose e papel, couro, produtos de borracha e plásticos, pigmentos e corantes, tintas, cimento e fertilizantes.

3 MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO

Conforme já mencionado, diferentes espécies de mercúrio são encontradas no ambiente, sendo sua distribuição regulada por processos físicos, químicos e biológicos. Independente do processo envolvido, o mercúrio pode estar presente na forma inorgânica ou orgânica. Na forma inorgânica o mercúrio pode ser encontrado em três estados de oxidação: mercúrio elementar (Hg^0), íon mercurioso (Hg_2^{2+}) e íon mercúrico (Hg^{2+}), sendo o íon mercurioso pouco estável em sistemas naturais. Na forma orgânica, o íon mercúrico pode se ligar a diferentes radicais e ligantes orgânicos naturais, sendo as espécies mais comuns o metilmercúrio (CH_3Hg^+) e o dimetilmercúrio ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$), ambas tóxicas. (MICARONI et al., 2000).

A maioria dos métodos empregados na análise de mercúrio envolvem a determinação de mercúrio total em vez da especiação¹⁴ das suas diferentes formas. Entretanto, é importante quantificar o metilmercúrio devido a sua toxicidade (SUVARAPU et al., 2013). Em geral, métodos de especiação de mercúrio utilizam etapas de preparo que identificam grupos com comportamento físico ou químico similares. A maioria desses métodos baseia-se em extração com solvente, redução diferencial, adsorção/dessorção, complexação, cromatografia gasosa ou líquida. Após as etapas de separação das espécies de interesse, são empregadas técnicas instrumentais para determinação de mercúrio (MICARONI et al., 2000).

A determinação de mercúrio, em geral em baixas concentrações da espécie de interesse nas amostras, demanda técnicas analíticas altamente sensíveis e seletivas. Os limites de detecção obtidos nas diferentes técnicas de quantificação disponíveis dependem de todas as etapas do processo analítico, como a coleta e preparo da amostra. Assim, além da técnica instrumental utilizada, uma análise precisa envolve cuidados com interferentes e com contaminação na fase de amostragem, preparo e análise. Em geral, as etapas para determinação de mercúrio envolvem: coleta da amostra; pré-tratamento, preservação e estocagem; liberação do mercúrio da matriz; extração, purificação e pré-concentração; separação das espécies de mercúrio de interesse e quantificação (MICARONI et al., 2000; LEOPOLD et al., 2010). A Tabela 2 apresenta os métodos analíticos disponíveis para a quantificação de mercúrio e seus respectivos limites de detecção.

Tabela 2 Métodos disponíveis para a identificação e quantificação de mercúrio e seus respectivos limites de detecção.

Método de detecção	Limite de Detecção Relatado
--------------------	-----------------------------

14 De acordo com a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), a análise de especiação representa a identificação e/ou mensuração de quantidades de uma ou mais espécies químicas na amostra (LEOPOLD et al., 2010).

	Valor	Unidade
Colorimétrico	0,01-0,1	µg/g
Espectrometria de Absorção Atômica (AAS)		
Forno de grafite (GFAAS)	1	ng/g
Vapor frio (CVAAS)	0,01-1	ng/g
Geração de hidreto (HGAAS)	A completar	ng/g
Espectrometria de Fluorescência Atômica (AFS)		
Vapor frio (CVAFS)	0,001-0,01	ng/g
Análise por Ativação com Nêutrons (NAA)		
Instrumental (INAA)	1-10	ng/g
Radioquímica (RNAA)	0,01-1	ng/g
Cromatografia Gasosa		
Detector de captura eletrônica	0,01-0,05	ng/g
Detector de emissão atômica C11	~ 0,05	ng/g
Espectrometria de massa	0,1	ng/g
CVAAS / CVAFS	0,01-0,05	ng/g
Cromatografia Líquida de Alta Eficiência		
Detector de ultravioleta	1	ng/mL
CVAAS	0,5	ng/mL
CVAFS	0,08	ng/mL
Eletroquímico	0,1-1	ng/mL
Plasma Acoplado Indutivamente		
Espectrometria de Massa (ICP MS)	0,01	ng/mL
Espectrometria de Emissão Atômica (ICP OES)	2	ng/mL
Espectrometria Fotoacústica (PAS)	0,05	Ng
Fluorescência de Raio X (XRF)	5-1	ng/g - µg/g
Métodos Eletroquímicos	0,1-1	µg/g
Analizador de Filme de Ouro	0,05	µg/g

Fonte: MICARONI et al., 2000

Trabalhos de revisão realizados por Suvarapu e colaboradores (2013; 2015; 2017) mostraram que as técnicas espectrométricas são amplamente utilizadas para determinação de mercúrio, principalmente as técnicas de espectrometria de absorção atômica (AAS), espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP) e espectrometria de fluorescência atômica (AFS). Entre esses métodos, os menores limites de detecção são obtidos na espectrometria de fluorescência atômica de vapor frio (CVAFS) e espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente (ICP MS) (SUVARAPU et al., 2017). Técnicas eletroquímicas e cromatográficas

(cromatografia gasosa e cromatografia de alta eficiência) também têm sido empregadas (LEOPOLD et al., 2010; SUVARAPU et al., 2013; SUVARAPU et al., 2015). Em função da ampla utilização, as técnicas espectrométricas serão descritas a seguir.

3.1 Espectrometria de Absorção Atômica

O primeiro estágio de todo procedimento espectrométrico é a atomização, que converte a espécie de interesse, normalmente na fase líquida, em átomos ou íons monoatômicos, em fase gasosa. Diferentes métodos são empregados na atomização de amostras. Os plasmas indutivamente acoplados, as chamas e os atomizadores eletrotérmicos (forno de grafite, por exemplo) são métodos de atomização amplamente utilizados. Estes dois últimos são empregados na AAS (*Atomic Absorption Spectrometry* - Espectrometria de Absorção Atômica). (SKOOG et al., 2014)

O princípio da AAS está baseado na absorção de energia, na forma de radiação eletromagnética, por átomos que se encontram em fase gasosa e no estado fundamental (baixa energia). Quando uma radiação de um comprimento de onda apropriado¹⁵, no caso do mercúrio 253 nm, atinge os átomos no estado fundamental, parte da radiação é absorvida por esses átomos promovendo-os ao estado excitado, ou seja, o átomo com excesso de energia (Equação 1).

Após segundos, os átomos no estado excitado transferem o excesso de energia para outros átomos ou moléculas do meio, voltando ao seu estado fundamental. Assim, a detecção do elemento de interesse está baseada na variação do sinal de absorção de energia. (MICARONI et al., 2000; SKOOG et al., 2014).



onde,

M: átomo no estado fundamental;

M*: átomo no estado excitado;

A energia (Eq. 1) é a radiação de comprimento de onda específico para a espécie de interesse, no caso do mercúrio corresponde ao comprimento de onda de 253 nm.

¹⁵ O comprimento de onda necessário para excitação do átomo é específico de cada espécie atômica. Isto porque as energias dos fótons que poderão ser absorvidos são específicas para cada espécie atômica (SKOOG et al., 2014).

O método de absorção convencional, utilizando chamas, é simples, mas é pouco sensível para detecção de mercúrio. Além disto, interferentes como cobalto podem comprometer os resultados. O mercúrio elementar, devido à sua volatilidade, pode ser determinado sem a utilização da chama. Neste caso, os íons do metal são reduzidos à forma elementar, na etapa de preparo da amostra, e são carregados por um gás até o caminho óptico, onde os átomos de mercúrio interagem com a radiação específica. Por não utilizar chama, este método é denominado espectrometria de absorção atômica de vapor frio (CVAAS) (MICARONI et al., 2000). Este método é amplamente utilizado para análise de mercúrio. A geração do vapor atômico também pode ser feita pela geração de hidretos (HG, do inglês *Hydride Generation*), também utilizada para análise de mercúrio, sendo esta técnica, quando utilizada em conjunto com a AAS, denominada de espectrometria de absorção atômica com geração de hidretos (HGAAS).

3.2 Espectrometria de Fluorescência Atômica

O princípio da espectrometria de fluorescência atômica (AFS) consiste na detecção do sinal de fluorescência emitido pelo mercúrio após absorção de energia na forma de radiação eletromagnética com comprimento de onda de 253 nm. O mercúrio absorve e emite radiação no mesmo comprimento de onda, por isso é considerado um bom elemento para aplicação da fluorescência. (MICARONI et al., 2000; SKOOG et al., 2014)

Em geral, utiliza-se o vapor a frio para atomização da amostra (CVAFS), sendo esse método mais sensível para detecção de mercúrio do que o CVAAS, pois a detecção da energia emitida pelo mercúrio é feita perpendicularmente ao feixe de luz incidente medido em relação ao sinal de valor zero, e não como a variação de sinal intenso como ocorre na CVAAS. (MICARONI et al., 2000)

3.3 Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado

A espectrometria com plasma indutivamente acoplado (ICP) é normalmente utilizada com detectores de emissão atômica (ICP OES)¹⁶ e de massa atômica (ICP MS) para análises multielementares. O ICP, utilizado para atomização da amostra, é gerado com a aplicação de rádio frequência (RF), entre 700 a 1.500 W, em uma bobina de carga e uma corrente alternada que oscila internamente na bobina a uma taxa correspondendo a frequência do gerador de RF

¹⁶ O termo ICP AES (inductively coupled plasma atomic emission spectrometry) também é utilizado, porém é recomendado o uso do termo ICP OES (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry) para evitar confusão com o termo Auger electron spectroscopy (AES) (HOU et al., 2006).

(entre 27 e 40 MHz). O plasma apresenta uma temperatura entre 6.000 a 8.000 K sustentada por gás argônio, onde a amostra é vaporizada e o elemento de interesse é liberado como um átomo livre no estado gasoso que por sua vez é ionizado. (HOU et al., 2006; SATO e KAWASHITA, 2002)

A detecção e quantificação por ICP OES estão baseadas na emissão espontânea de energia de átomos e íons que receberam energia no processo de atomização, e passaram do estado fundamental para o estado excitado. O comprimento de onda característico emitido pelos átomos ou íons no estado excitado é utilizado para identificação do elemento, enquanto a intensidade dessa energia emitida é proporcional a concentração do elemento na amostra. (HOU et al., 2006)

Na técnica ICP MS os íons produzidos no ICP são transportados para o espectrômetro de massa, atingindo o analisador de massas do elemento, que pode ser uma versão mais simples de resolução de massa como quadrupolo ou por tempo-de-voe (TOF - "time-of-flight") ou com maior resolução de massas, como analisador estático (ESA) ou analisador magnético (AM). (SATO e KAWASHITA, 2002)

Entre as técnicas de espectrometria descritas destaca-se a CVAFS e ICP MS devido a alta sensibilidade em relação a seus baixos limites de detecção. A técnica de atomização por ICP tem a vantagem de reduzir interferências químicas por causa do plasma de argônio que é inerte. As técnicas de AFS e AAS fornecem a sensibilidade razoável e são mais baratas em comparação aos instrumentos de ICP. Em geral, a qualidade dos resultados produzidos pode ser controlada com uso de materiais de referência padrão. (SUVARAPU et al., 2017)

Existem outros aspectos a se considerar na determinação do mercúrio. Quando amostras sólidas são utilizadas existe o problema de distribuição heterogênea de mercúrio; a natureza altamente volátil desse elemento e seus compostos causa a perda de algum conteúdo durante a amostragem; também é necessário minimizar a contaminação por mercúrio de outras fontes durante a amostragem e de reagentes de laboratório. (SUVARAPU et al., 2013)

3.4 Outros Métodos de Análise

Na próxima etapa do trabalho serão detalhados todos os outros métodos de análise que têm sido utilizados para análise de mercúrio. Serão considerados também os procedimentos envolvidos na análise de mercúrio, como as técnicas de preparo e tratamento das amostras, principalmente para a finalidade de especificação das diferentes formas de mercúrio.

4 LABORATÓRIOS CERTIFICADOS PELO INMETRO

4.1 Metodologia do Levantamento

Para obtenção dos laboratórios certificados segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, consultou-se a base de dados do INMETRO¹⁷, restringindo-se a busca utilizando a palavra “mercúrio” no campo “Palavra a ser procurada” e Brasil no campo “País”. Outros campos não foram selecionados, de forma a obter uma listagem completa. Obtida a listagem daqueles que realizam análise de mercúrio, os dados foram planilhados, detalhando, para cada laboratório, as matrizes com acreditação para análise de mercúrio, enquadrando-as nos cinco grupos de matrizes estabelecidos. Cada laboratório recebe do INMETRO um nº de acreditação (CRL). Para tanto, consultava-se esta ficha de escopo da acreditação (vide exemplo no Anexo 1), onde obteve-se o método utilizado para a análise e o respectivo Limite de Quantificação (LQ) do método. Várias consultas foram realizadas no site do INMETRO na Internet e observou-se que o número de laboratórios certificados e sua condição poderia mudar. Assim, fixou-se a data de 20 de abril de 2019 como base para os resultados apresentados.

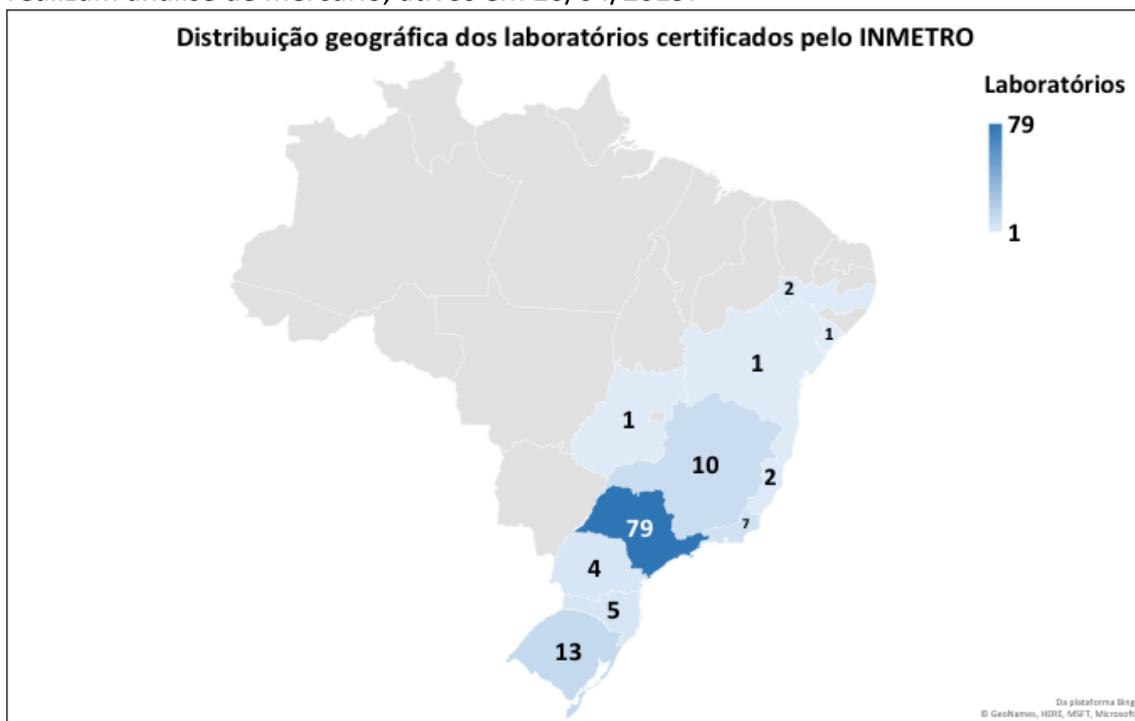
4.2 Resultados Gerais

A última pesquisa, realizada no dia 20 de abril de 2019, resultou em 142 laboratórios, sendo que, destes, 13 não faziam análise de mercúrio, 3 estavam suspensos, no que se refere a análises de mercúrio, e 1 encontrava-se em suspensão total. Desta forma, foram considerados os 125 laboratórios ativos em 20/04/2019 que realizavam análise de mercúrio.

A distribuição geográfica dos laboratórios ativos, que fazem análise de mercúrio no Brasil, está apresentada na Figura 1.

¹⁷ <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/>

Figura 1 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio, ativos em 20/04/2019.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Dos 125 laboratórios ativos, 98 (78,4%) encontram-se na região Sudeste, sendo 79 no estado de São Paulo, 10 em Minas Gerais, 7 no Rio de Janeiro e 2 no Espírito Santo. A região Sul possui 22 laboratórios (17,6%), sendo 13 no Rio Grande do Sul, 5 em Santa Catarina e 4 no Paraná. A região Nordeste conta com 4 laboratórios (3,2%), sendo 2 em Pernambuco, 1 na Bahia e 1 em Sergipe. A região Centro-Oeste possui 1 laboratório, em Goiás, e a região Norte não possui laboratório certificado ativo. Desta forma, verifica-se que há uma distribuição desigual no país de laboratórios certificados que fazem análise de mercúrio, com carência principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Deve-se ressaltar que, dentre estes laboratórios, alguns devem fazer análise somente para uso próprio e outros a prestação de serviços a terceiros. No entanto as informações atuais não permitem a distribuição segura dentre estas duas classes de laboratórios (prestação de serviço e autocontrole). Isto será feito na sequência dos trabalhos, pois dependerá de contato com os laboratórios.

Deve-se ainda destacar que há vários laboratórios destinados ao ensino e à pesquisa, localizados em diferentes instituições no Brasil, que realizam análise de mercúrio em diferentes matrizes. Entretanto, estes laboratórios, em sua maioria, realizam análises apenas para fins acadêmicos,

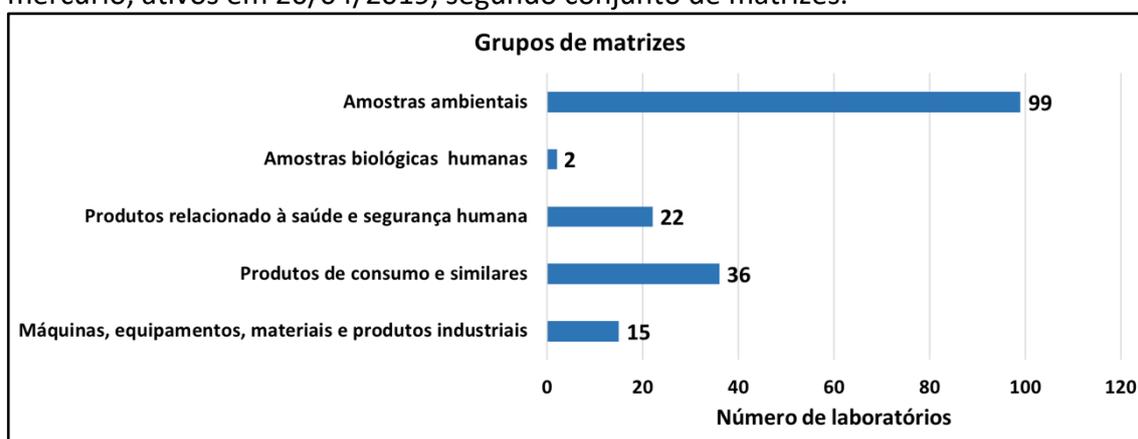
em geral não são certificados devido ao alto custo do processo de acreditação e sua manutenção. Portanto, estes laboratórios não vão ser contabilizados neste trabalho.

4.3 Distribuição dos Laboratórios por Grupo de Matrizes Analisadas

Os laboratórios ativos listados no INMETRO, juntamente com todas as matrizes nas quais é realizada análise de mercúrio, e métodos utilizados nas análises, foram distribuídos nos 5 grupos de matrizes nas quais são realizadas análises de mercúrio.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos laboratórios em relação aos grupos de matrizes nas quais são realizadas análises de mercúrio. Ressalta-se que um laboratório pode estar certificado para análise de mercúrio em mais de uma matriz.

Figura 2 Número de laboratórios certificados pelo INMETRO, que realizam análise de mercúrio, ativos em 20/04/2019, segundo conjunto de matrizes.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Observa-se que a maior parte dos laboratórios realiza análise de amostras ambientais, sendo que para outros grupos de matrizes, como amostras biológicas humanas e produtos relacionados à saúde e segurança humanas, há poucos laboratórios certificados.

Em relação as técnicas utilizadas, verifica-se que os laboratórios brasileiros têm utilizado principalmente as técnicas espectrométricas, como espectrometria de absorção atômica, espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado e espectrometria de fluorescência atômica, sendo a espectrometria de absorção atômica por vapor frio uma das mais utilizadas. Estas técnicas são as mesmas que vem sendo utilizadas em estudos científicos e para análise em países desenvolvidos, o que demonstra que os laboratórios brasileiros estão utilizando as melhores técnicas internacionais. Em alguns casos, a técnica utilizada é apenas qualitativa, ou seja, indica a presença ou não de mercúrio.

4.3.1 Matrizes analisadas em amostras ambientais

As amostras ambientais, nas quais foi identificada capacidade de análise para mercúrio pelos laboratórios brasileiros certificados e ativos em 20.04.2019 foram: água, água residual, amostragem em efluentes gasosos; emissões atmosféricas; gases e poluentes da atmosfera; ar (higiene ocupacional); resíduos; solo; sedimento; bioindicadores, biomarcadores e tecidos vegetais e animais.

4.3.2 Matrizes analisadas em amostras biológicas humanas

Em relação às amostras biológicas humanas, foram identificados laboratórios certificados e ativos em 20.04.2019, que realizam este tipo de análise somente para cabelo e sangue.

4.3.3 Matrizes analisadas em produtos relacionados à saúde e segurança humanas

Em relação aos produtos de saúde e segurança humanas, foram identificados laboratórios brasileiros certificados e ativos em 20.04.2019 que fazem análise de mercúrio para as seguintes matrizes: água para saúde humana, como água para diálise, hemodiálise e dialisato (solução de diálise); implantes mamários; produtos farmacêuticos; equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos; outros, como luvas, máscaras e próteses.

4.3.4 Matrizes analisadas em produtos de consumo e similares

Foram identificados oito conjuntos de matrizes relacionados à produtos de consumo e similares, com laboratórios brasileiros certificados e ativos em 20.04.2019 que fazem análise de mercúrio: brinquedos e produtos infantis; chupeta, mamadeira e bico de mamadeira; artigos para festas; artigos escolares; couro, calçados e afins; embalagens; alimentos e bebidas; cigarro.

4.3.5 Matrizes analisadas em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais

Foram identificados laboratórios brasileiros certificados e ativos em 20.04.2019 que fazem análise de mercúrio em diferentes matrizes que se enquadram no grupo máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais, a saber: tabaco; ligas metálicas ferrosas e não-ferrosas; produtos metálicos, incluindo joias e bijuterias; aço, ferroligas, ferro fundido e ferramentas; produtos têxteis; celulose, papel e produtos afins; produtos de borracha e de plástico; tintas, pigmentos e corantes; eletrodomésticos e similares; máquinas e equipamentos de pequeno porte; máquinas e equipamentos de medição e controle; motores, equipamentos e materiais elétricos, incluindo baterias, pilha e acumulador; máquinas para escritório e equipamentos de informática; equipamentos e tecnologia da informação; cimento, matérias-primas, concreto e aditivos; massa niveladora; fertilizantes.

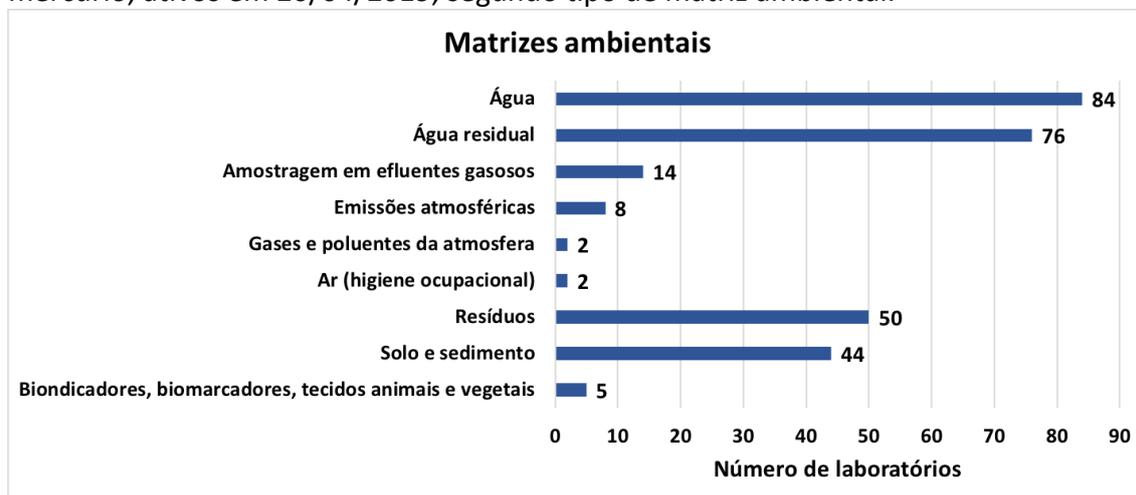
Ao analisar as matrizes listadas neste grupo de “Máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais”, verifica-se que muitos destes produtos, como eletrodomésticos, poderiam ser enquadrados também no grupo de “Produtos de consumo e similares”. Entretanto, decidiu-se considerar neste grupo os materiais e produtos elétricos, devido ao amplo escopo e diferentes aplicabilidades neste grupo. Decidiu-se enquadrar em “Produtos de consumo e similares” apenas os produtos no qual há um contato mais próximo e direto com o consumidor.

4.4 Detalhamento dos Laboratórios Certificados Segundo Matriz Analisada, Distribuição Geográfica e Técnica de Análise e Respectivo Limite de Quantificação

4.4.1 Laboratórios de análise de amostras ambientais

Dos 125 laboratórios ativos levantados, 99 realizam análise de amostras ambientais, sendo, em sua maioria, amostras de água, incluindo água bruta, água para consumo humano, água tratada, água salobra, água salina, dentre outras. Águas residuais foram contabilizadas separadamente, sendo 76 os laboratórios que realizam análise de mercúrio nesta matriz. A Figura 3 apresenta o número de laboratórios que realizam amostras de mercúrio para cada matriz e ou conjunto de matrizes ambientais.

Figura 3 Número de laboratórios certificados pelo INMETRO que realizam análise de mercúrio, ativos em 20/04/2019, segundo tipo de matriz ambiental.

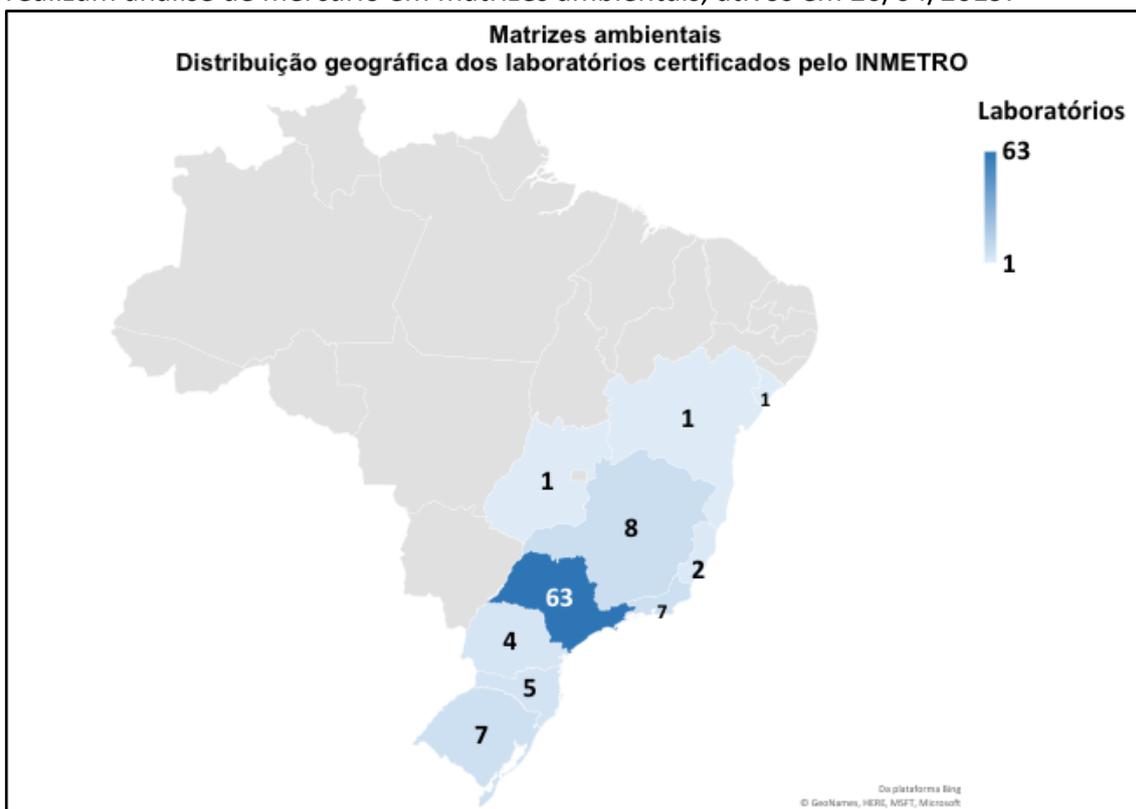


Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Esta distribuição mostra que a grande maioria dos laboratórios realiza análise de mercúrio em água, resíduos e em solo e sedimento, havendo déficit de laboratórios em várias outras matrizes ambientais, como amostras de ar atmosférico e bioindicadores.

Em termos geográficos, assim como observado para o conjunto geral de matrizes consideradas, há preponderância de laboratórios na região Sudeste, sendo que 63 dos 99 laboratórios (63,6%) que realizam análise de mercúrio em amostras ambientais encontram-se no estado de São Paulo. A distribuição geográfica por matriz/conjunto de matriz ambiental encontra-se na Figura 4.

Figura 4 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO que realizam análise de mercúrio em matrizes ambientais, ativos em 20/04/2019.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Em termos analíticos, assim como observado para o conjunto geral de matrizes, há preponderância das técnicas espectrométricas, em especial espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado e absorção atômica, com destaque para análise com vapor frio. Os limites de quantificação variam de acordo com a matriz, técnica utilizada e metodologia de preparo da amostra. Os limites de quantificação mínimo identificados para cada matriz/conjunto de matriz, está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 Menor limite de quantificação (LQ) de mercúrio por matriz e método utilizado.

Matriz	LQ mínimo identificado		Método	Espécie
	Valor	Unidade		
Água e água residual	0,000002	mg/L	AFS com aprisionamento em coluna de areia de ouro	Mercúrio total e dissolvido
	0,00000025	mg/L	AFS com aprisionamento em coluna de areia de ouro	Metilmercúrio total e dissolvido
Emissão atmosférica	0,04	µg/Nm ³	CVAAS	-
Gases e poluentes da atmosfera	5	ng	AAS com decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro	Mercúrio total em material particulado (MP)
	0,003	µg/m ³	CVAAS	Material particulado MP ₁₀
Resíduos	0,0005	mg/kg	CVAAS	Mercúrio total e dissolvido
	0,00002	mg/L	AFS com aprisionamento em coluna de areia de ouro	Mercúrio em extrato lixiviado
Solo e sedimento	0,05	µg/kg	AFS com aprisionamento em coluna de areia de ouro	-
Biondicadores, biomarcadores, tecidos animais e vegetais	<1,0	µg/kg	AAS e decomposição e amalgamação	-
	5	ng	AAS com decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro	Mercúrio total

Elaborado pelos autores. Fonte dos dados e informações: INMETRO

4.4.2 Laboratórios de análise de amostras biológicas humanas

Dos 125 laboratórios certificados ativos, que fazem análise de mercúrio, apenas 2 realizam análise em amostras biológicas humanas, sendo os 2 localizados no estado de São Paulo, 1 na capital e outro na cidade de Araraquara. O laboratório localizado na cidade de São Paulo realiza análises em amostras de cabelo e sangue utilizando o método da decomposição e amalgamação, seguido de espectrofotometria de absorção atômica. Já o laboratório localizado em Araraquara, realiza apenas análise em amostras de cabelo, por meio do método da decomposição térmica e amalgamação em coluna de areia de ouro, seguido de espectrofotometria de absorção atômica.

Estes dados demonstram que há um déficit importante no país em termos de laboratórios certificados que realizam análises de amostras biológicas humanas. Nenhum dos laboratórios realiza análise de mercúrio em urina e leite humano, que conforme apresentado anteriormente, configuram-se importantes meios para determinação da exposição ao mercúrio.

4.4.3 Laboratórios de análise de amostras de produtos relacionados à saúde e segurança humanas

Dos 125 laboratórios certificados e ativos, que fazem análise de mercúrio, apenas 22 o fazem em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, sendo 13 (59,1%) dos laboratórios localizados no estado de São Paulo, conforme apresentado na Figura 5.

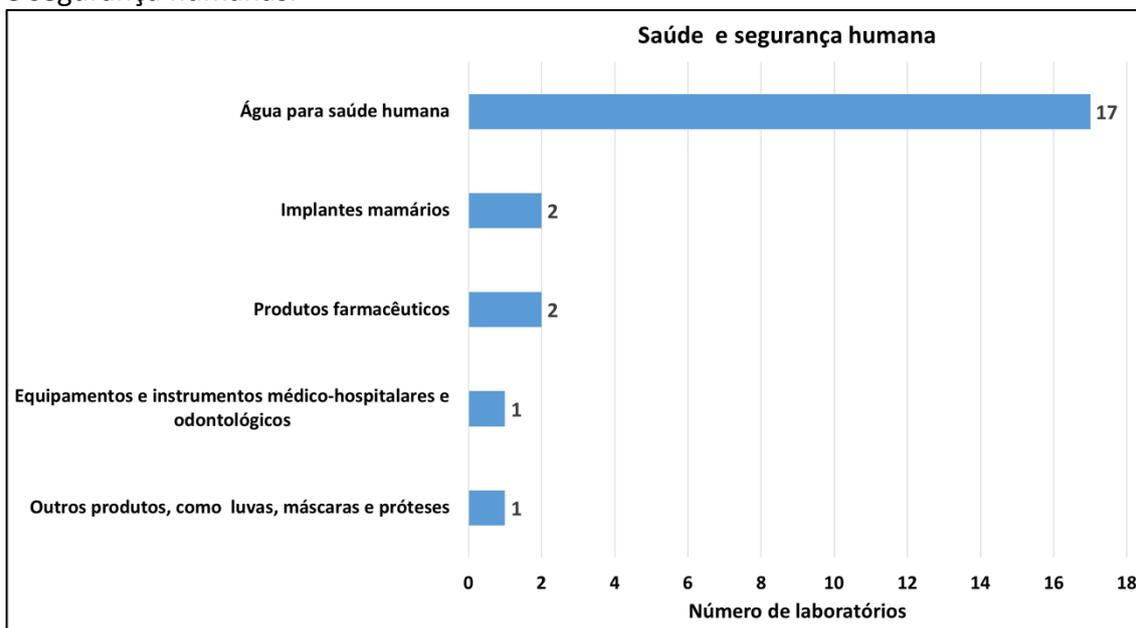
Figura 5 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO que realizam análise de mercúrio em produtos relacionados à saúde e segurança humanas, ativos em 20/04/2019.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Dos 22 laboratórios, 17 realizam análise em amostras de água para saúde e segurança humanas, como água para diálise, água para hemodiálise e dialisato. A Figura 6 apresenta a distribuição dos laboratórios que realizam amostras de mercúrio para cada tipo de matriz relacionada à saúde e segurança humanas.

Figura 6 Distribuição dos laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio, segundo tipo de matriz relacionada à saúde e segurança humanas.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Neste grupo há preponderância de laboratórios que realizam análise de mercúrio em água para saúde e segurança humanas. Para implantes mamários e produtos farmacêuticos há apenas 2 laboratórios em cada um; para equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos e outros produtos, há 1 único laboratório, sendo este localizado no Rio Grande do Sul e é o mesmo para os dois grupos de produtos.

Em termos analíticos, assim como observado para o conjunto geral de matrizes, há preponderância das técnicas espectrométricas, em especial espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado e absorção atômica, com destaque para análise com vapor frio. Os limites de quantificação variam de acordo com a matriz e técnica utilizada, sendo que os limites de quantificação mínimos, para cada conjunto de produtos, relacionados à saúde e segurança humanas, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 Menor limite de quantificação por matriz e método utilizado em amostras relacionadas à Saúde e Segurança Humanas, nos laboratórios certificados.

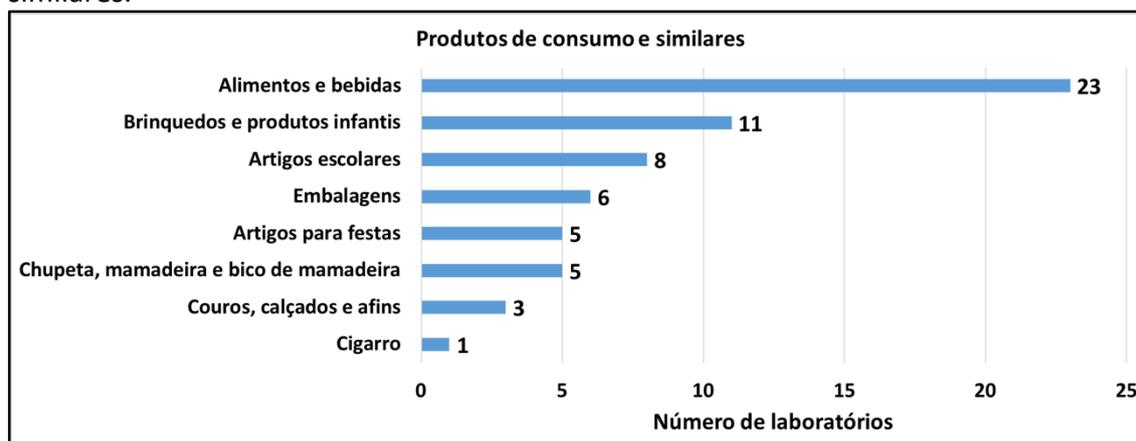
Matriz	LQ mínimo	Método
Água para a saúde e segurança humanas	0,00002 mg/L	ICP OES; CVAAS
Implantes mamários	0,223 mg/kg	ICPOES
Produtos farmacêuticos	0,0002 mg/kg	CVAAS
	0,002 mg/L	CVAAS
Equipamentos e instrumentos médico-hospitalares e odontológicos	0,002 mg/L	XRF
	0,01 mg/L	IC POES
Produtos relacionados à saúde e segurança humanas (ex.: uvas, máscaras e próteses)	0,002 mg/L	XRF
	0,01 mg/L	CVAAS

Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

4.4.4 Laboratórios de análise de amostras de produtos de consumo e similares

Dos 125 laboratórios certificados que fazem análise de mercúrio, 36 (28,8%) realizam análises em produtos de consumo e similares, sendo que a maioria, 23 dos laboratórios, realizam análise de alimentos e bebidas. Produtos destinados às crianças, como brinquedos e produtos infantis, possuem apenas 11 laboratórios certificados para análise de mercúrio, sendo 10 localizados no estado de São Paulo. A Figura 7 apresenta a distribuição dos laboratórios que realizam análise de mercúrio para cada conjunto de produtos de consumo e similares.

Figura 7 Distribuição dos laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio, por conjunto de produtos de consumo e similares.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Em termos geográficos há preponderância de laboratórios na região Sudeste, 24 laboratórios (66,7%) e Sul, 9 laboratórios (25%), sendo que 23 dos 36 laboratórios (63,9%) estão localizados no estado de São Paulo. A distribuição geográfica dos laboratórios por conjunto de produtos de consumo é mostrada na Figura 8.

Tabela 5 Menor limite de quantificação para mercúrio, segundo conjunto de produtos de consumo e similares e método utilizado, nos laboratórios certificados e ativos.

Matriz		LQ mínimo	Método
Alimentos e bebidas	Vários	0,001 mg Hg/Kg	ICP MS; ICP OES
	Água mineral e gelo	0,0001 mg Hg/L	HGAAS; ICP MS
Brinquedos e produtos infantis		0,20 mg Hg/Kg	AAS
		0,001 mg Hg/L	ICP OES
Artigos escolares		0,20 mg Hg/Kg	AAS
		0,005 mg Hg/L	AAS
Embalagens		0,0001 mg Hg/Kg	ICP OES
Artigos para festas		0,20 mg Hg/Kg	AAS
Chupeta, mamadeira e bico de mamadeira		0,20 mg Hg/Kg	AAS
		0,001 mg Hg/L	ICP OES
Couros, calçados e afins		0,05 mg Hg/Kg	HGAAS
Cigarro	Fumaça	1,1 ng/cigarro	ICP MS; CVAAS
	Fumo e <i>blend</i>	0,031 ng/g	ICP MS

Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

4.4.5 Laboratórios de análise de amostras do grupo máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais

Apesar da ampla lista de produtos enquadrados neste grupo, apenas 15 (12,0%) dos 125 laboratórios são certificados e estão ativos para análise de mercúrio nestes produtos, sendo 8 localizados no estado de São Paulo. A distribuição geográfica dos laboratórios encontra-se na Figura 9.

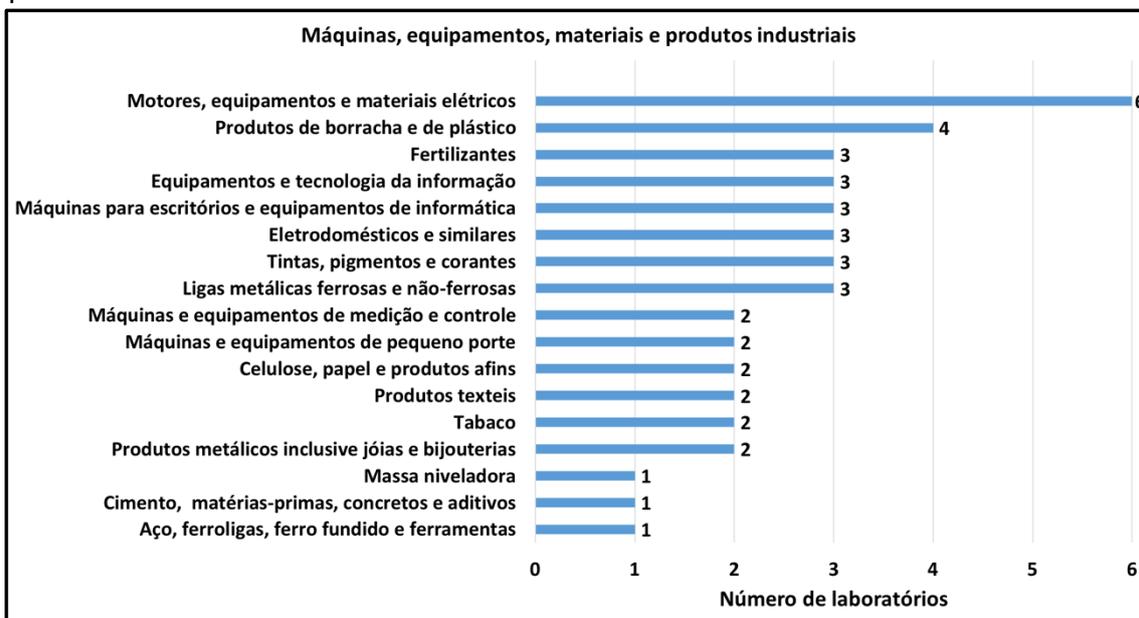
Figura 9 Distribuição geográfica dos laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio em máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Dos 15 laboratórios, 6 realizam análise de mercúrio em motores, equipamentos e materiais elétricos e 4 em produtos de borracha e plásticos. O restante dos produtos é analisado por apenas 3, 2 ou 1 laboratório. A Figura 10 apresenta o número de laboratórios que realizam amostras de mercúrio para cada conjunto de máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.

Figura 10 Número de laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos em 20/04/2019, que fazem análise de mercúrio por conjunto de máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.



Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

Em termos analíticos, assim como observado para as outras matrizes há preponderância das técnicas espectrométricas, em especial espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado, absorção atômica e fluorescência de raios x. Este último método é apenas qualitativo. Os limites mínimos de quantificação estão mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 Menor limite de quantificação de mercúrio, segundo matriz e método utilizado na análise de mercúrio em amostras do grupo máquinas, equipamentos, materiais e produtos industriais.

Matriz	LQ mínimo	Método
Motores, equipamentos e materiais elétricos	0,05 mg/kg	CVAAS
Produtos de borracha e plástico	1 µg/kg	ICP OES
Fertilizantes	0,025 mg/kg	AFS
Equipamentos de tecnologia de informação	10 mg/kg	ICP OES / AAS
Máquina para escritório e equipamentos de informática	20 mg/kg	XRF
Eletrodomésticos e similares	10 mg/kg	ICP OES / AAS
Tintas, pigmentos e corantes	2,5 mg/kg	ICP OES
Ligas metálicas ferrosas e não ferrosas	10 mg/kg	ICP OES / AAS
Máquinas e equipamentos de medição e controle	10 mg/kg	ICP OES / AAS
Máquinas e equipamentos de pequeno porte	10 mg/kg	ICP OES / AAS
Celulose, papel e produtos afins	0,364 mg/kg	ICP OES
Produtos têxteis	0,05 mg/kg	ICP MS
Massa niveladora	0,625 mg/kg	ICP OES
Cimento Portland: matérias primas	0,2 mg/kg	HGAAS
Cimento: matérias primas, concreto e aditivos extrato lixiviado e solubilizado)	0,8 µg/L	HGAAS
Aço, ferroligas, ferro fundido e ferramentas	5 mg/kg	ICP OES
Produtos metálicos, inclusive jóias e bijuterias	20 mg/kg	XRF
	10 mg/kg	ICP OES/AAS
Tabaco	4,03 ng/g	ICP MS

Elaborado pelos autores. Fonte dos dados: INMETRO

5 LABORATÓRIOS DE REFERÊNCIA OFICIAIS

Duas grandes redes de laboratórios de referência oficiais foram identificadas até o momento, a Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária (RNLVISA)¹⁸ e a Rede de Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária – LFDAs (antigos LANAGROS)¹⁹.

Além disto, existe a Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde (REBLAS)⁶, que é constituída por laboratórios analíticos, públicos ou privados, habilitados pela ANVISA, “capazes de oferecer serviços de interesse sanitário com qualidade, confiabilidade, segurança e rastreabilidade”. Para ser habilitado nesta rede, no caso de análises laboratoriais é necessária a acreditação segundo a norma vigente ABNT NBR ISO/IEC 17025. Portanto, estes laboratórios já foram considerados na lista de laboratórios certificados pelo INMETRO, apresentados. Dos 125 laboratórios certificados pelo INMETRO, ativos para análise mercúrio, 49 constam também da rede REBLAS.

5.1 Rede Nacional de Laboratórios de Vigilância Sanitária (RNLVISA)

Esta rede é formada pelos 27 Laboratórios Centrais de Saúde Pública, um em cada unidade da federação, mais o Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde – INCQS (Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ) e 6 laboratórios municipais (Belo Horizonte, Manaus, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo). O Laboratório Central de Saúde Pública do Distrito Federal e o Laboratório de Controle de Qualidade em Saúde do município de São Paulo fazem determinação de mercúrio em carnes, produtos cárneos, pescados e derivados. O Instituto Adolfo Lutz em São Paulo e três laboratórios centrais estaduais fazem análise de mercúrio em alimentos (LACEN/MG, LACEN/CE, LACEN/DF). Sete laboratórios fazem análise de mercúrio em água (Instituto Adolfo Lutz de SP, Fiocruz do RJ, LACEN/MG, LACEN/CE, LACEN/SC, LACEN/PA e Laboratório de Controle de Qualidade em Saúde, do município de São Paulo). Um laboratório faz análise de mercúrio na área de medicamentos (FIOCRUZ, Rio de Janeiro).

5.2 Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária – LFDAs

Os Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária – LFDAs, são laboratórios oficiais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e possuem as seguintes atribuições: “realizar análises oficiais; atuar como referência nacional em assuntos laboratoriais; realizar auditoria em

¹⁸ <http://portal.anvisa.gov.br/laboratorios-analiticos>

¹⁹ <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/lanagros>

laboratórios credenciados; realizar ações de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação em métodos analíticos; atuar como Centro regional de difusão de tecnologia e expertise; realizar estudos; manter banco de material de referência”.

Existiam, em abril de 2019, seis LFDAs, com unidades servindo todas as regiões do Brasil, localizadas em Belém/PA; Recife/PE; Goiânia/GO; Pedro Leopoldo/MG, com unidades avançadas em Belo Horizonte, Andradas e Varginha; Campinas/SP, com unidade avançada em Jundiaí; Porto Alegre/RS, com unidade avançada em São José/SC.

Algumas destas unidades realizam análise de mercúrio, conforme contato telefônico feito com a coordenação em Brasília, em 11.04.2019. A princípio, no laboratório do Rio Grande do Sul, são realizadas análises de mercúrio em bovinos, suínos, camarão e pescados; na unidade do Pará são realizadas análises de aves, bovinos e suínos; na unidade de Pernambuco são feitas análises de mercúrio em pescados e camarão. Nos laboratórios dos estados de São Paulo e Goiás não se faz análises de mercúrio e na unidade de Minas Gerais terá que ser feita a confirmação.

Segundo informações disponibilizadas no site do INMETRO, dos 125 laboratórios ativos que fazem análise de mercúrio e possuem acreditação segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, 4 são Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária: Laboratório Nacional Agropecuário em São Paulo, base física de Campinas (CRL 0389); Laboratório Nacional Agropecuário de Minas Gerais, base física de São Leopoldo (CRL 0350); Laboratório Nacional Agropecuário do Rio Grande do Sul, base física de Ponta Grossa (CRL 0384); e Laboratório Nacional Agropecuário em Pernambuco, unidade física Dois Irmãos (CRL0484) .

Segundo a acreditação constante no site do INMETRO, o laboratório do Rio Grande do Sul faz análise de mercúrio em músculo de pescado, musculo bovino, de suíno e de ave, utilizando a técnica de CVAAS, informação esta condizente com a disponibilizada por contato telefônico. O laboratório de Pernambuco faz análise de pescados e produtos da pesca utilizando o método de HGAAS.

Segundo acreditação, o laboratório de Minas Gerais realiza análise de mercúrio em peixes, músculo equino e em leite, utilizando o método de AAS por combustão e amalgamação com ouro. Já o laboratório de São Paulo realiza análise de mercúrio em pescado, carne suína, bovinos e aves, utilizando também o método de AAS por combustão e amalgamação com ouro.

Em relação aos laboratórios de Belém e Goiânia, não foi encontrada nenhuma acreditação para análise de mercúrio.

Considerando que as informações obtidas por telefone, com a coordenação dos LFDAs em Brasília, em 11.04.2019, de que alguns aparelhos de medição de mercúrio foram realocados entre as unidades, há então necessidade de confirmação das informações, na sequência dos trabalhos, por contato oficial com aquela coordenadoria.

6 REFERÊNCIAS

- BERNHOF, R.A. Mercury toxicity and treatment: A Review of the Literature. **Journal of Environmental and Public Health**, vol 2012, 2012. Article ID 460508, doi:10.1155/2012/460508.
- COUNTERA, S.A., BUCHANANB, L.H. Mercury exposure in children: a review. **Toxicology and Applied Pharmacology**, 198: 209–230, 2004.
- HACON, S., BARROCAS, P.R.G., VASCONCELLOS, A.C.S. de, BARCELLOS, C., WASSERMAN, J.C., CAMPOS, R.C. RIBEIRO, C., AZEVEDO-CARLONI, F.B. Uma revisão das pesquisas sobre contaminação por mercúrio na Amazônia com ênfase no território brasileiro. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 24(7):1479-1492, jul, 2008.
- HOU, X.; AMAIS, R.S.; JONES, B.T.; DONATI, G.L. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation*, p. 1-25, 2006.
- INSTITUTO AVALIAÇÃO – Instituto Avaliação, Pesquisas, Programas e Projetos Socioambientais. Análise dos Marcos Regulatórios para Identificação de Lacunas e Reformas Regulatórias Necessárias para a Ratificação e Implementação Antecipada da Convenção de Minamata No Brasil. [Relatório técnico]. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2017.
- LEOPOLD, K.; FOULKES, M.; WORSFOLD, P. Methods for the determination and speciation of mercury in natural waters—a review. **Analytica chimica acta**, v. 663, n. 2, p. 127-138, 2010.
- MICARONI, R.C.C.M.; BUENO, M.I.M.S., JARDIM, W.F. Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química Nova**, 2000.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Convenção de Minamata sobre Mercúrio**: Texto e Anexos. Genebra: UNEP, mar. 2014. Disponível em <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80037/Mercurio/Convencao_Minamata.pdf> Acesso em: 29 março. 2019.
- PARK, J. & ZHENG, W. Human exposure and health effects of inorganic and elemental mercury. **Journal of Preventive Medicine and Public Health**, 45(6), 344-352, 2012. doi:10.3961/jpmph.2012.45.6.344
- PASSOS, C. J. S., & MERGLER, D. Human mercury exposure and adverse health effects in the amazon: A review. **Cadernos de Saúde Pública**, 24(SUPPL.4), S503-S520, 2008.
- RICE, K. M., WALKER JR., E. M., WU, M., GILLETTE, C., & BLOUGH, E. R. Environmental mercury and its toxic effects. **Journal of Preventive Medicine and Public Health**, 47(2), 74-83, 2014. doi:10.3961/jpmph.2014.47.2.74.
- SATO, K., KAWASHITA, K. Espectrometria de massas em Geologia Isotópica. **Geologia USP. Série Científica**, v. 2, p. 57-77, 2002.
- SELIN, N.E. Global Biogeochemical Cycling of Mercury: A Review. **Annu. Rev. Environ. Resour**, p. 34:43–63, 2009.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; CROUCH, S.R. **Principles of instrumental analysis**. Cengage learning, 2014.

SUVARAPU, L.N.; BAEK, S-O. Recent developments in the speciation and determination of mercury using various analytical techniques. **Journal of analytical methods in chemistry**, v. 2015, 2015.

SUVARAPU, L.N.; BAEK, S-O. Recent studies on the speciation and determination of mercury in different environmental matrices using various analytical techniques. **International journal of analytical chemistry**, v. 2017, 2017.

SUVARAPU, L.N.; SEO, Y-K.; BAEK, S-O. Speciation and determination of mercury by various analytical techniques. **Reviews in Analytical Chemistry**, v. 32, n. 3, p. 225-245, 2013.

Anexo 1 – Exemplo de Ficha de Acreditação INMETRO

	ESCOPO DA ACREDITAÇÃO – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – ENSAIO	
Norma de Origem: NIT-DICLA-016		Folha: 1 / Total de Folhas: 9
RAZÃO SOCIAL/DESIGNAÇÃO DO LABORATÓRIO		
CENTRAL ANALÍTICA DE LABORATÓRIOS DO INSTITUTO SENAI DE TECNOLOGIA COURO E MEIO AMBIENTE / IST COURO E MEIO AMBIENTE		
ACREDITAÇÃO N°	TIPO DE INSTALAÇÃO	
CRL 0017	INSTALAÇÃO PERMANENTE	
AREA DE ATIVIDADE / PRODUTO	CLASSE DE ENSAIO / DESCRIÇÃO DO ENSAIO	NORMA E /OU PROCEDIMENTO
<u>COURO, CALÇADOS E ARTIGOS AFINS</u>	<u>ENSAIOS QUÍMICOS</u>	
COURO	Determinação da Matéria Volátil	ABNT NBR ISO 4684/2014
	Determinação das Substâncias Extraíveis em Diclorometano	ABNT NBR 11030/2013
	Determinação da Cinza Total Sulfatada	ABNT NBR 11031/2013
	Determinação Química do Teor de Óxido Crômico – Parte 1: Quantificação por Titulação	ABNT NBR ISO 5398-1/2014. Versão corrigida 2:2014
	Determinação do pH e Cifra Diferencial pelo Método Potenciométrico	ABNT NBR 11057/2006
	Determinação de Cromo Hexavalente por Espectrometria de Absorção Molecular UV-VIS LQ: 3 mg/kg	ISO 17075-1/2017
	Determinação de Formaldeído Livre e/ou Hidrolisado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência LQ: 0,50 mg/kg	ISO 17226-1/2008
	Determinação de Cálcio Total por Espectrometria de Absorção Atômica por Chama de Ar-Acetileno LQ: 0,002%	CTC-FQ/19.001.2 Rev. 09
<i>“Este Escopo cancela e substitui a revisão emitida anteriormente”</i>		
_____		Em, 10/04/2018

FOR-CGCRE-003 – Rev. 11 – Apr. MAR/13 – Pg. 01/06

Anexo 2 - Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária

Endereços e informações de contato dos Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária²⁰

LFDA - GOIÁS

Coordenador substituto: Valter Ferreira Félix Bueno

E-mail: lanagro-go@agricultura.gov.br

Endereço: Rua da Divisa s/nº Setor Jaó

CEP.: 74674-025 - Goiânia-GO

Fone: (62) 3232 7202; 3232 7204; 3232 7206; 3232 7208 Fax: (62) 3232 7205

LFDA - PERNAMBUCO

Coordenadora: Claudia de Farias Cordeiro

E-mail: lanagro.gab.pe@agricultura.gov.br

E-mail: claudia.cordeiro@agricultura.gov.br

Endereço: Rua Manoel de Medeiros, s/nº - Dois Irmãos

CEP: 52171-030- Recife-PE

Fone: (81) 3231 9050, 3231 9500 e 3231 9750 Fax: (81) 3231 9050

LFDA - PARÁ

Coordenador: Ricardo Carvalho Belizário

E-mail: lanagro-pa@agricultura.gov.br

E-mail: ricardo.belizario@agricultura.gov.br

Endereço: Av. Almirante Barroso, 1234 - Bairro Marco

CEP.: 66093-032 - Belém-PA

Fone: (91) 3226 4233; 3226 4310; 3226 8814 Fax : (91) 3226 2682

LFDA – Estado de SÃO PAULO

Coordenador: André de Oliveira Mendonça

E-mail: coord.lanagrosp@agricultura.gov.br

E-mail: dlab.lanagrosp@agricultura.gov.br

BASE FÍSICA DE CAMPINAS

Endereço: Rua Raul Ferrari, s/nº - Jardim Santa Marcelina

Caixa Postal 5538

CEP.: 13100-105 - Campinas-SP

Fone: (19) 3254-2329 Fax: (19) 3254-2263

SLAV JUNDIAÍ/SP

Seção Laboratorial Avançada - SLAV Jundiaí

Endereço: Av. Jundiaí, nº 773

Bairro: Anhangabaú

CEP: 13208-051

Cidade: Jundiaí-SP

Fone: (11) 4521-5656 Fax: (11) 4586-0041

²⁰ <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/lanagros> (acesso em: 25.04.2019)

LFDA – RIO GRANDE DO SUL

Coordenador: Fabiano Barreto
E-mail: lanagrors@agricultura.gov.br

BASE FÍSICA PORTO ALEGRE

Endereço: Estrada da Ponta Grossa, 3036
CEP.: 91780-580 - Porto Alegre-RS
Fone: (51) 3248 2133; 3248 1926
Fax: (51) 3248 2133

BASE FÍSICA FARRAPOS

Endereço: Av. Farrapos, nº 285
Bairro: Floresta
CEP: 90220-004

BASE FÍSICA SÃO JOSÉ/SC

Endereço: Rua João Grumiché, 117 Bairro: Kobrasol CEP: 88102-600
LFDA – MINAS GERAIS

Coordenador

Ricardo Aurélio Pinto Nascimento
E-mail: lanagro-mg@agricultura.gov.br
E-mail: ricardo.pinto@agricultura.gov.br

BASE FÍSICA PEDRO LEOPOLDO/MG

Endereço: Av. Rômulo Joviano, s/nº Caixa Postal 35, 50
CEP.: 33600-000 – Fone: (31) 3660 9600

Cidade: Pedro Leopoldo/MG

BASE FÍSICA BELO HORIZONTE/MG

Laboratório de Análises Físico-Químicas de Produtos de Origem Vegetal para Fins de
Classificação - POV/LACQSA/LANAGRO-MG

Endereço: Av. Raja Gabaglia, 245 Bairro: Cidade Jardim
Cidade: Belo Horizonte/MG