



## VI-371 - RISCO PARA A SAÚDE HUMANA PERANTE A EXPOSIÇÃO AO CÁDMIO PELA INGESTÃO DA ÁGUA DE CONSUMO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA RURAL LOCALIZADO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

### Isabel Francisco de Araújo Reis <sup>(1)</sup>

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto, mestre em sustentabilidade socioeconômica ambiental (UFOP), bióloga do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Mariana.

### Francine Carvalho Gontijo <sup>(2)</sup>

Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Engenheira Química pela Universidade Federal de São João Del Rei. Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto.

### Aníbal da Fonseca Santiago <sup>(3)</sup>

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

**Endereço <sup>(1)</sup>:** Rua Antônio Pacheco, 395, São Pedro, Mariana, Minas Gerais - CEP: 35420-169 - Brasil - Tel: +55 (31) 999366395 - e-mail: [isabel.araujo@aluno.ufop.edu.br](mailto:isabel.araujo@aluno.ufop.edu.br)

### RESUMO

A presente pesquisa teve o objetivo de avaliar o risco associado a ingestão de água com concentrações de cádmio acima do limite recomendado pela legislação brasileira. As amostras de água contendo concentrações de cádmio acima dos limites recomendados foram identificadas num distrito rural localizado no Quadrilátero Ferrífero, que é uma região caracterizada por possuir grande complexidade geológica, conferindo às águas naturais altas concentrações de metais tóxicos, como por exemplo o cádmio. O cádmio (Cd) é um metal que pode ocorrer naturalmente no meio ambiente, sendo as pessoas expostas a esse metal quando ingerem água com concentrações mais elevadas que a Ingestão Diária Tolerável (IDT). Dessa forma, realizar avaliações de risco em sistemas de abastecimento de comunidades rurais localizadas no Quadrilátero Ferrífero e que utilizam fontes superficiais de água sem o tratamento adequado é extremamente relevante. A metodologia aplicada na pesquisa foi a avaliação quantitativa de risco químico (AQRQ), que avaliou de forma probabilística o risco carcinogênico e não carcinogênico desse contaminante tóxico, subsidiando assim, tomadas de decisão que podem melhorar os processos de captação e o tratamento de água dessa comunidade. Os resultados da pesquisa demonstraram que ambos os cenários apresentaram dose média acima da ingestão diária tolerável para o cádmio, como também apresentaram risco carcinogênico mais elevado que o risco tolerável recomendado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) e Organização Mundial da Saúde (OMS). Vale destacar que a comunidade onde ocorreu o estudo é particularmente vulnerável a contaminantes que tem sua origem associada a geologia do Quadrilátero Ferrífero, como também não tem tratamento de água adequado e enfrenta desafios significativos em termos de acesso a água potável segura. Portanto, esta pesquisa busca não somente avaliar o risco associado a esse contaminante, como também, subsidia de forma científica, argumentos para que a comunidade local solicite do poder público intervenções que visem o acesso a água segura. A metodologia desenvolvida tem potencial para ser replicada em outras regiões e contextos, contribuindo, dessa forma, para melhorar da qualidade de vida de comunidades vulneráveis em todo o Quadrilátero Ferrífero.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação de Risco, Água de Consumo, Abastecimento rural, Quadrilátero Ferrífero

### INTRODUÇÃO

O cádmio (Cd) é um metal tóxico que ocorre naturalmente no meio ambiente, tendo sua origem associada às atividades agrícolas e industriais, sendo sua principal via de exposição a ingestão de alimentos e água, podendo ocorrer também, por meio da inalação e do tabagismo (WHO, 2017). É um metal que se acumula em plantas e animais, tendo uma meia-vida de aproximadamente 25 a 30 anos, sendo um fator de risco para a osteoporose, doenças hepáticas, renais e a vários tipos de câncer, incluindo câncer de mama, pulmão, próstata,



nasofaringe, pâncreas e rim (GENCHI et al., 2020). Pessoas podem ser expostas ao cádmio ao ingerir água com concentrações mais elevadas que a Ingestão Diária Tolerável (IDT) (WHO, 2017). Dessa forma, realizar avaliações de risco em sistemas de abastecimento de comunidades rurais que utilizam fontes superficiais de água sem o tratamento adequado é extremamente relevante. Além do tratamento inadequado da água de consumo, característica geralmente apresentada em distritos rurais brasileiros, estudar comunidades situadas no Quadrilátero Ferrífero, que é considerado um dos mais extensos depósitos de minerais do mundo e uma das mais importantes áreas de mineração brasileira, também torna o estudo extremamente importante, pois nesses locais, pessoas podem estar expostas a ingestão de contaminantes presentes na água de consumo (DESCHAMPS et al., 2002; ROESER e ROESER, 2010).

Nesse âmbito, a Avaliação Quantitativa de Risco Químico (AQRQ) é capaz de estimar, de forma numérica, efeitos adversos à saúde devido à exposição de indivíduos e populações às substâncias químicas, incluindo o cádmio, subsidiando assim, tomadas de decisão que podem melhorar os processos de captação e o tratamento de água dessas comunidades (USEPA, 2011). Apesar do pouco investimento nessas localidades, ter uma série histórica de resultados de ensaio da qualidade da água conforme preconiza a legislação nacional é de extrema importância, pois resultados com valores acima dos limites preconizados, podem ser investigados por meio da AQRQ.

Ao avaliar a série histórica de resultados dos parâmetros de qualidade de um distrito rural situado no município de Mariana, no Quadrilátero Ferrífero, foi identificada a concentração de cádmio de 0,016 mg/L em um dos resultados de ensaio. A Portaria n. 888 de 04 de maio de 2021, Brasil (2021), recomenda que o limite máximo ingerido deve ser 0,003 mg/L. Nesse cenário, considerou-se pertinente realizar a AQRQ na água de consumo do distrito, pois além de localizar-se no Quadrilátero Ferrífero, a comunidade utiliza fonte superficial de água para o consumo, sem estruturas de tratamento adequadas. Assim, a pesquisa teve o objetivo de avaliar, de forma probabilística, o risco não carcinogênico e o risco carcinogênico da água de consumo humano de um distrito rural, localizado no Quadrilátero Ferrífero.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição da área de estudo

O subdistrito rural de Pedras situa-se no município de Mariana, Estado de Minas Gerais, Brasil e insere-se na bacia hidrográfica do rio Doce, na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte, no Quadrilátero Ferrífero, que possui grande complexidade geológica, conferindo às águas naturais altas concentrações de metais tóxicos, como por exemplo o cádmio (COSTA et al., 2018).

A bacia do rio Gualaxo do Norte caracteriza-se por apresentar unidades geológicas do Supergrupo Minas, Complexo Santa Bárbara, Acaiaca, Mantiqueira e Supergrupo Rio das Velhas (COSTA, 2001). Possui cerca de 50,9% de vegetação nativa, 29,78% de pastagem, 6,44% de silvicultura, 4,64% de afloramento rochoso, 3,89% de mineração, 1,27% de solo exposto, 0,70% de área ocupada por população rural, 0,39% de represas e açudes e 0,17% de agricultura (EMATER, 2017).

O sistema de abastecimento (SAA) do subdistrito é composto por uma captação superficial a fio d'água, no qual a água captada passa por processo de desinfecção simples em cloradores de pastilhas, sem passar, entretanto, por processo de clarificação, sendo posteriormente distribuída aos moradores do distrito. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) contabilizou que no município de Mariana há aproximadamente 61.387 pessoas (IBGE 2022). Desse número, aproximadamente 40 pessoas residem no subdistrito de Pedras, distribuídas em 28 residências que recebem água sem o tratamento adequado.

### Período de coleta e ensaios laboratoriais

As coletas de amostras de água foram realizadas por empresa terceirizada no período de junho a novembro de 2019, sendo que o método de análise utilizado nos ensaios laboratoriais foi o método Method 200.7 - Rev 4.4 (USEPA, 1994). De posse desses resultados, foi realizada análise documental nos resultados de 6 ensaios laboratoriais da água de distribuição das torneiras de residências da localidade, sendo considerado que o VMP

do cádmio recomendado pela Portaria n.888 de 04 de maio de 2021 é 0,003 mg/L. Na TABELA 1 são apresentados esses resultados de ensaio.

**Tabela 1: Concentração de cádmio na água - Fonte SAAE/Mariana (2023)**

Local de coleta	Data da coleta	Resultado (mg/l)
Sistema de distribuição (torneiras das residências)	28/06/2019	<0,0010
	22/07/2019	<0,0010
	22/08/2019	0,016
	27/09/2019	<0,0010
	30/10/2019	<0,0010
	17/11/2019	<0,0010

Avaliação de risco para a saúde

Risco não carcinogênico: estimativa da dose

A pesquisa contou com dois cenários: avaliação do risco de ingestão de cádmio por crianças de 1 mês a 11 anos e por adultos, de 12 a 80 anos de idades sendo, que em ambos os casos, a dose média diária, (EQUAÇÃO 1) foi estimada probabilisticamente por meio da simulação por hipercubo latino, sendo realizadas 10.000 iterações no software @risk versão 8.5.2.

$$\text{EQUAÇÃO (1) Dose (mg/kg. Dia)} = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Onde: C: concentração de metais pesados em amostras de água (mg/L)

IR: taxa de ingestão de água (L/dia)

ED: tempo de exposição às águas (anos)

EF: frequência de exposição (dias/ano)

BW: peso corporal dos indivíduos (kg)

AT: esperança média de vida (dias) (FINLEY et al.,1993).

Nas concentrações foram considerados valores de 0,001 nos resultados de ensaio que apresentaram o valor <0,001mg/L. Para os valores de EF foi utilizado o valor mínimo de 1 dia (equivalente aos percentis 1 a 25) e o valor máximo a 365 dias na distribuição uniforme no @ risk. Para AT o valor mínimo utilizado na distribuição uniforme foi apresentado como a expectativa de vida dos machos (27.375 dias) e o valor máximo como a expectativa de vida para as fêmeas (29.200 dias) (WHO, 2011).

O teste estatístico utilizado para o ajuste das distribuições em C; IR, BW, EF, ED e AT no programa @ risk foi o teste Anderson-Darling Statistic, que ajustou os parâmetros conforme as distribuições apresentadas na TABELA 2.

Na TABELA 2 são apresentadas as faixas etárias, os valores de C; IR, BW, EF, ED e AT e o tipo de distribuição que foram utilizadas na pesquisa.

**Tabela 2: Dados da pesquisa- Fonte: WHO (2011)**

Faixas Etárias	BW	IR	ED	C	EF	AT
1 a 3 meses	6	0,227	0,16	0,001	Mínimo 1; Máximo 365	27375; Máximo 29200
3 a 6 meses	6	0,362	0,375	0,001		
6 a 12 meses	9	0,36	0,75	0,016		
1 ano a 2 anos	14	0,271	1,5	0,001		
2 anos a 3 anos	14	0,317	2,5	0,001		
3 anos a 6 anos	21	0,327	4,5	0,001		
6 anos a 11 anos	32	0,414	8,5			
<b>Distribuição</b>	Exponencial	Normal	Exponencial	Normal	Uniforme	Uniforme
Faixas Etárias	BW	IR	ED	C	EF	AT
12 anos a 15 anos	51	0,52	13,5	0,001	Mínimo 1; Máximo 365	Mínimo 27375; Máximo 29200
16 anos a 17 anos	67	0,573	16,5	0,001		
18 anos a 20 anos	67	0,681	19,5	0,016		
22 anos a 64 anos	77	1,043	40	0,001		
65 anos a 70 anos	72	1,046	67,5	0,001		
71 anos a 80 anos	72	1,046	75,5	0,001		
<b>Distribuição</b>	Exponencial	Normal	Exponencial	Normal	Uniforme	Uniforme

De posse dos valores da simulação, foi possível comparar a dose ingerida com a ingestão diária tolerável (IDT) de 0,83 µg/kg. dia (equivalente a 8,3 x10<sup>-4</sup> mg/Kg. dia).

#### Risco Carcinogênico

O risco carcinogênico refere-se à probabilidade de um indivíduo desenvolver qualquer tipo de câncer durante a vida devido à exposição a agentes carcinogênicos. Na presente pesquisa, os riscos carcinogênicos foram calculados para ambos os cenários, por meio da (EQUAÇÃO 2), sendo estimado probabilisticamente por hipercubo latino, nas quais foram realizadas 10.000 iterações no software @risk versão 8.5.2.

EQUAÇÃO 2: Risco carcinogênico= Dose X CSF (FINLEY et al.,1993):

Onde:

Dose é o risco calculado pela EQUAÇÃO 1.

CSF fator de inclinação do câncer (mg/kg/Dia, sendo utilizado na pesquisa CSF 6,1 mg/kg. dia para adultos e crianças, conforme utilizado por Khalid et al. (2020). De posse dos valores do risco carcinogênico foi possível comparar o resultado com o risco tolerável para substâncias carcinogênicas proposto pela EPA de 10<sup>-6</sup> e 10<sup>-5</sup> recomendados pela OMS.

#### Análise de sensibilidade

As análises de sensibilidade verificaram a influência que os parâmetros IR; ED; EF; BW e AT tiveram nas estimativas. Por meio das 10.000 iterações por hipercubo latino no software @risk versão 8.5.2 foi possível identificar esse resultado.

Foi feita nova simulação da dose, substituindo o valor de 0,016mg/l por 0,001mg/l, para observar se a dose média encontrada estava abaixo da ingestão diária tolerável para o cádmio (IDT=8,3 x10<sup>-4</sup> mg/kg.dia).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de cádmio na água do subdistrito foi relacionada às características geológicas e a processos naturais de intemperismo identificadas em regiões do Quadrilátero Ferrífero, sendo que em terrenos xistosos e em rochas do Grupo Nova Lima, localizados na região de Ouro Preto e Mariana foram identificadas as maiores concentrações de cádmio na bacia do rio do Carmo (COSTA, 2018). Nessa mesma bacia, foram identificados altos teores de cádmio em sedimentos que foram associados às atividades extrativo-minerais identificadas na região, sendo mencionado que metais como o cádmio podem ser mobilizados para a água dos rios, por meio de atividades antrópicas como o garimpo (COSTA, 2007).

Características geológicas do Quadrilátero Ferrífero e atividades antropogênicas foram associadas às altas concentrações de cádmio identificadas nas amostras de água coletadas na bacia do Rio Gualaxo do Norte nas pesquisas de Fernandes (2017) e Almeida (2018), demonstrando a importância de realizar avaliações de risco na água de consumo humano em localidades situadas no Quadrilátero Ferrífero.

A presença do Grupo Nova Lima e terrenos xistosos, quando combinadas às características morfológicas e alto potencial a erosão apresentados na região podem impactar nas concentrações de cádmio e na exposição de usuários de sistemas de abastecimento, pois conforme mencionou Souza (2004) o subdistrito localiza-se em regiões de fundos de vales (altitudes inferiores a 600m) onde são depositados materiais provenientes dos relevos maiores, como também localiza-se numa área de alto potencial a erosão (IGAM, 2010).

Avaliação do risco carcinogênico e risco não carcinogênico

ATABELA 3 apresenta a dose média e o percentil 95 dos dois cenários avaliados na pesquisa.

**Tabela 3: Dose e risco carcinogênico dos dois cenários de exposição - Fonte: Autores (2023)**

	Dose ( mg.kg.dia)		Risco carcinogênico (mg.kg.dia)	
	Média	Percentil 95	Média	Percentil 95
Crianças	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$8,3 \times 10^{-3}$
Adultos	$4,3 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-1}$	1,6

A TABELA 3 apresenta a dose média ingerida por um adulto de  $4,3 \times 10^{-2}$  mg.kg.dia e um percentil 95 de  $2,4 \times 10^{-2}$  mg.kg.dia. A dose média ingerida por uma criança de  $2,2 \times 10^{-2}$  mg.kg.dia e um percentil 95 de  $1,4 \times 10^{-3}$  mg.kg.dia. Ambos os cenários apresentaram dose média acima da ingestão diária tolerável para o cádmio ( $IDT=8,3 \times 10^{-4}$  mg/kg.dia).

Os resultados também apresentaram risco carcinogênico para ambos os cenários. O risco carcinogênico médio apresentado pela ingestão de água por um adulto foi  $2,7 \times 10^{-1}$  mg.kg.dia e o percentil 95 foi 1,6 mg.kg.dia. O risco carcinogênico médio das crianças foi  $1,3 \times 10^{-3}$  mg.kg.dia e o percentil 95 foi  $8,3 \times 10^{-3}$  mg.kg.dia. Em ambos os cenários os valores foram mais elevados que o risco tolerável recomendado pela EPA (entre  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$ ) e o valor de  $10^{-5}$  recomendados pela OMS.

A análise de sensibilidade demonstrou a influência dos parâmetros avaliados nas análises das doses e dos riscos carcinogênicos. Em ambos os cenários os parâmetros tiveram a mesma influência sendo  $C > ED > EF > IR > BW > AT$ . Como a concentração teve maior influência nos resultados foi feita a simulação da dose, substituindo o valor de 0,016mg/l por 0,001mg/l. Nesse novo cenário, a dose média ingerida por um adulto foi  $2,70 \times 10^{-6}$  mg.kg.dia e o percentil 95 foi  $8,55 \times 10^{-6}$  mg.kg.dia. A dose média ingerida por uma criança foi  $6,24 \times 10^{-5}$  mg.kg.dia e o percentil 95 foi  $2,6 \times 10^{-4}$  mg.kg.dia, apresentando ambos os cenários dose média abaixo da ingestão diária tolerável para o cádmio ( $IDT=8,3 \times 10^{-4}$  mg/kg.dia).

## CONCLUSÃO



A pesquisa demonstrou a importância de avaliar contaminantes a água de consumo nem pequenas localidades do Quadrilátero Ferrífero, pois nessas comunidades, geralmente não existem tratamentos adequados da água de consumo, como também podem ser detectadas altas concentrações de metais tóxicos, associados às características geológicas da região.

A dose média de água ingerida por adultos e crianças situados no distrito de Pedras apresentou valores acima da ingestão diária tolerável para o cádmio ( $IDT=8,3 \times 10^{-4}$  mg/kg.dia), como também apresentou risco carcinogênico para ambos os cenários. Dessa forma, é importante que o sistema de abastecimento (SAA) do distrito passe por intervenções, sendo implementadas estruturas para o processo de clarificação da água para que riscos à saúde sejam amenizados.

É importante também, que novos ensaios laboratoriais da qualidade da água sejam realizados para que novas avaliações de risco sejam implementadas, certificando se o risco de ingestão de água distribuída no subdistrito foi amenizado.

As análises de sensibilidade demonstraram que a concentração foi o parâmetro que mais influenciou nos valores da dose e do risco carcinogênico, demonstrando também, que concentrações de até 0,001 mg/l apresentaram dose média abaixo da ingestão diária tolerável para o cádmio ( $IDT=8,3 \times 10^{-4}$  mg/kg.dia).

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Mariana (SAAE/Mariana).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, H. M. Caracterização geoquímica da água e sedimentos de fundo do Ribeirão Mazargo, Ouro Preto - MG. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Geológica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017. DOU: seção1, edição 85, Brasília, DF, p. 127, 07 mai. 2021.
3. COSTA, A. T. Geoquímica das águas e dos sedimentos da bacia do Rio Gualaxo do Norte, leste-sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG): estudo de uma área afetada por atividades de extração mineral. 2001. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais. Área de concentração: Geodinâmica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.
4. COSTA, R. V. F. C.; MATSCHULLAT, J.; LEITE, M. G. P.; NALINI JUNIOR, H. A.; LEÃO, L.P. Geochemical mapping of potentially hazardous elements in surface waters and stream sediments of the Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Geochimica Brasiliensis*, v. 32, p. 243 - 267, 2018.
5. DESCHAMPS, E. et al. Soil and Sediment Geochemistry of the Iron Quadrangle, Brazil: The Case of Arsenic. *Journal of Soils & Sediments*, v. 2, n. 4, p. 216-222, 2002.
6. EMATER. Zoneamento Produtivo. Minas Gerais: EMATER, 2017.
7. FINLEY, B. L.; SCOTT, P.; PAUSTENBACH, D. J. Evaluation the adequacy of maximum contaminant levels as health-protective cleanup goals: na analysis based on Monte Carlo techniques, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, n.18, 1993, p.438-455.
8. GENCHI, G.; SINICROPI, MS; LAURIA, G.; CAROCCI, A.; CATALANO, A. Os efeitos da toxicidade do cádmio. *Internacional J. Meio Ambiente. Res. Saúde Pública* 2020, 17, 3782.
9. HUSSAIN S., HABIB-UR-REHMAN, M., KHANAM, T., SHEER, A., KEBIN, Z, JIANJUN, Y. Health Risk Assessment of D ferent Heavy Metals Dissolved in Drinking Water, *International Journal Environmental Research and Public and Health*, 2019, 16, 1737.
10. IBGE. Cidades. Minas Gerais: IBGE, 2022.



11. KHALID, S; MUHAMMAD, S; NATASHA; SHAH, A. H; FARHAN, S; ALI, M.; QAISRANI, S.A.; DUMAT, C. Heavy metal contamination and exposure risk assessment via drinking groundwater in Vehari, Pakistan Environmental Science and Pollution Research, 2020, v.27, p.39852–39864.
12. MACLER, B.A.; REGLI, S. Use of microbial risk assessment in setting US drinking water standards. International Journal of Food Microbiology, v. 18, n. 4, p. 245-256, 1993.
13. RODRIGUES, A. S. L. Caracterização da bacia do rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil: avaliação geoquímica ambiental e proposição de valores de background. 2012. 162 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.
14. ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. Revista Geonomos, v. 18, n.1, p. 33-37, 2010.
15. SAAE. Arquivos internos. Mariana, Minas Gerais: SAAE, 2019.
16. SATARUG, S.; VESEY, D. A.; GLENDA C. GOBE, G. C.; PHELPS, K. R. Estimation of health risks associated with dietary cadmium exposure, Archives of Toxicology, v. 97, p. 329–358.
17. USEPA. Exposure factors handbook: EPA/600/R-09/052F, 2011, 1436p.
18. USEPA (2005) Guidance on selecting age groups for monitoring and assessing childhood exposures to environmental contaminants. Risk Assessment Forum Washington, DC., pp. 50, 397 K, November 2005, 630-P-03-003F
19. USEPA. Reference Dose (RfD): Description and Use in Health Risk Assessments Background Document 1A, March 15, 1993. Integrated Risk Information System. <http://www.epa.gov/IRIS/rfd.htm>.
20. USEPA. Method 200.7 Revision 4.4: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, EUA: USEPA, 1994. 59P.
21. WHO. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum, 4th ed. Geneva: WHO, 2017. 631p.