




## Determinação de arsênio total em carne de caranguejo

### Determination of total arsenic in crab meat

Daniela Noberto Tavares<sup>1</sup>, George Queiroz de Brito<sup>2</sup>, Paula da Silva Kujbida<sup>3</sup>

A captura de caranguejo no Brasil é uma atividade econômica que vem crescendo juntamente com seu consumo. Contudo, devido à intensa poluição das águas com lixo e resíduos industriais ocorre a bioacumulação de arsênio em organismos marinhos, o que provoca a exposição dos seres humanos a possíveis contaminações por esse metaloide tóxico. Fato esse, que produz riscos para a saúde da população apreciadora. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de arsênio em amostras de carne de caranguejo adquirido de três lugares diferentes de venda do produto no comércio da cidade de Natal/RN. O arsênio total foi determinado por espectrofotometria de absorção molecular, tendo sido feita a mineralização das amostras por via seca. As três amostras avaliadas apresentaram concentrações de arsênio (As) abaixo do valor máximo permitido de 1,00 mg/kg, tendo as amostras valores de média e desvio padrão de  $0,592 \pm 0,000$ ,  $0,579 \pm 0,164$  e  $0,660 \pm 0,000$  mg/kg.

**Palavras-chave:** Arsênio. Caranguejo. Espectrofotometria de absorção molecular.

The capture of crab in Brazil is an economic activity that has been growing along with its consumption. However, due to the intense pollution of the water with garbage and industrial waste, bioaccumulation of arsenic in marine organisms occurs. Consequently, humans may be exposed to contamination by this toxic metalloid with health risks for the population that appreciates crab meat. Thus, the objective of this research was to evaluate the arsenic content in samples of crab meat purchased from three different sale places of Natal/RN. Total arsenic was determined by molecular absorption spectrophotometry, and the mineralization of the samples was done by dry route. The three samples tested had concentrations of arsenic (As) below the maximum allowed value of 1.00 mg/kg, mean values and standard deviation of samples were  $0.592 \pm 0.000$ ,  $0.579 \pm 0.164$  and  $0.660 \pm 0.000$  mg/kg, respectively.

**Keywords:** Arsenic. Crab. Molecular absorption spectrophotometry.

**Autor Correspondente:** Daniela Noberto Tavares

Rua Antônio Farache, 1880,  
Capim Macio, 59082-110, Natal/RN

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Farmácia

Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

**E-mail:** [dani\\_nt@hotmail.com](mailto:dani_nt@hotmail.com)

**Declaração de Interesses:** Os autores certificam que não possuem implicação comercial ou associativa que represente conflito de interesses em relação ao manuscrito.

<sup>1</sup> Graduada em Farmácia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil.

<sup>2</sup> Doutorado em química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestrado em Toxicologia pela Universidade de São Paulo. Graduado em Farmácia-Bioquímica pela UFRN, Brasil.

<sup>3</sup> Doutorado e mestrado em Toxicologia pela Universidade de São Paulo. Graduada em Farmácia-Bioquímica pela UNIFAL – MG, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A captura de caranguejo no Brasil é uma das práticas mais antigas em áreas de manguezais (1). Esses locais oferecem condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies, sendo considerados importantes transformadores na ciclagem de nutrientes e de matéria orgânica (2). Com o passar dos anos, transformações sociais e econômicas no país, fizeram com que as cidades avançassem sobre os mangues, causando devastação de habitats e aumento no esforço de pesca sobre esses crustáceos (3).

O principal componente da macrofauna dos manguezais brasileiros é o caranguejo-uçá, devido ao seu grande porte e hábito alimentar, sendo essencialmente herbívoro, fato que contribui na retenção de nutrientes e energia dentro do ecossistema (4). A carne desse caranguejo é bastante nutritiva e em suas partes comestíveis encontram-se proteínas, lipídios, sódio e fósforo. Alimentar-se de sua carne proporciona teores proteicos de 16 a 18%, fato de grande relevância para a reprodução celular de organismos vivos (5). Tais características fazem da carne de caranguejo um alimento com excelente valor nutritivo (6).

A poluição aquática por metais pesados é uma das formas mais danosas de contaminação que, por sua vez, resulta em graves perturbações ambientais, pois esses elementos não são degradáveis, são extremamente tóxicos e cumulativos em organismos vivos. Devido à maioria dos invertebrados marinhos não possuírem mecanismos capazes de metabolizá-los, eles tendem a bioacumular tais compostos tornando um risco o seu consumo, tanto para humanos, quanto para peixes e outros organismos que os utilizam como fonte de proteína (7). Os resultados desse processo podem ir desde a intoxicação e envenenamento da biota até a dizimação de seres vivos (8). Para obter proteção contra dessecação e predadores os caranguejos permanecem dentro das tocas quando elas se encontram submersas (4). Esse tipo de comportamento faz com que esses animais estejam em contato direto com os sedimentos dos manguezais, que quando contaminados podem levar a transferência de contaminantes para estes e conseqüentemente para toda a cadeia alimentar (9).

As principais fontes antropogênicas pelas quais o arsênio é inserido no ambiente são a mineração, praguicidas e queima de carvão (10). Considerado tóxico e amplamente distribuído na biosfera, o arsênio é um metaloide, que pode ser detectado na atmosfera, na água, em solos, sedimentos e organismos. Compostos de As são facilmente absorvidos, tanto por via oral quanto pela inalação, e a extensão da absorção depende da solubilidade de cada composto (11). Seus efeitos nocivos para os seres vivos estão relacionados com a forma química do elemento, onde o arsênio elementar não é tóxico, mas é rapidamente convertido a produtos tóxicos pelo organismo humano. A maior parte dos compostos contendo arsênio, tanto orgânicos como inorgânicos, penta ou trivalentes, acabam sendo convertidos pelo organismo ao trióxido de arsênio o qual reage rapidamente com os grupos sulfidrilas das proteínas, inibindo a ação enzimática e bloqueando a respiração celular (10).

A exposição do caranguejo a esse elemento é condicionada pela concentração desse metaloide no meio ambiente, por exemplo, água e sedimentos. A química da água (12) e a suspensão de material particulado contaminado devido a ações naturais ou antrópicas são fatores significativos a serem considerados (13). Além disso, este risco pode ser explicado pelo hábito alimentar, pelo fato

dos caranguejos serem sequestrantes que se alimentam parcialmente de material orgânico em decomposição associado a sedimentos, que podem suportar cargas relativamente elevadas de poluentes (14). Dessa maneira, o caranguejo pode servir como bioindicador, pois a avaliação do nível de contaminação ambiental por metais, como o arsênio, nesse alimento, pode ser utilizada para analisar os riscos à população humana por constituir importante fonte de alimento e renda para a população (7).

Dentre as muitas técnicas existentes para a determinação do arsênio, as mais importantes citadas na literatura são as que usam a geração de hidreto (arsina) associadas à espectrofotometria de absorção atômica (HGAAS) (15) e associadas a espectrofotometria de absorção molecular como a do SDDC (método do dietilditiocarbamato de prata) (16) também conhecida como técnica de Vasak & Sedivec (1952), metodologia recomendada pela APHA, AWWA e WPCF (1991). O SDDC é dissolvido em piridina e usado como solução absorvedora da arsina, gerada através da reação do zinco em meio com ácido clorídrico.

Este trabalho tem por objetivo determinar o teor de arsênio total em amostras de carne de caranguejo na cidade de Natal/RN. Por ser um alimento bastante comercializado, fonte de renda e muito consumido pela população, buscou-se detectar o teor de As para verificar se está de acordo com o estabelecido na Legislação Brasileira, sendo o máximo permitido de 1 mg/kg (17).

## METODOLOGIA

O estudo foi realizado utilizando três amostras de carne de caranguejo adquiridas em diferentes pontos comerciais da cidade de Natal/RN, tais como mercadinhos e feiras livres e todas as amostras foram analisadas em duplicata. No Laboratório de Toxicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), elas foram analisadas para a determinação do arsênio total.

Toda a vidraria utilizada foi descontaminada com solução de ácido nítrico a 10% (HNO<sub>3</sub>), e lavada com água deionizada.

As amostras 1, 2 e 3 analisadas quanto a substâncias inorgânicas fixas (metais), no caso, o arsênio, foram preparadas por três procedimentos: mineralização por via seca, extração e identificação.

A etapa da mineralização por via seca seguida de calcinação em forno mufla, é necessária para que ocorra a separação do analito (metal) da matéria orgânica. Dessa forma, pesou-se 2,5 g de cada amostra em cadinho de porcelana, 1,5 g de MgO (estabilizante térmico) e 5 mL de água deionizada. Após homogeneização, os cadinhos foram levados para a placa de aquecimento para a secagem. Em seguida, adicionou-se a cada cadinho 1,5 g de Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (estabilizante térmico) e foram levados para o forno mufla a 650 °C, obtendo-se cinzas das amostras iniciais, completando, assim, a calcinação.

Após resfriamento espontâneo das cinzas, iniciou-se a etapa da extração, com o objetivo de retirar apenas o analito, isolando-o do material biológico já mineralizado. Inicialmente, impregnou-se algodão com solução de acetato de chumbo a 10%, para filtrar as impurezas da reação posicionando-

o na parte central do tubo em “U” do frasco gerador de arsina. Em seguida, o conteúdo de cada cadinho foi transferido para os frascos geradores de arsina juntamente com 5 mL de água deionizada. Na capela de exaustão foi adicionado 45 mL de HCl 6 molL<sup>-1</sup>, 38 mL de água deionizada, 1 mL de KI 15% e 0,5 mL de SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 40% e foi feita a homogeneização. Na curva ascendente do tubo em “U” adicionou-se 5 mL de DDC-Ag e 2,5 g de zinco granulado no frasco gerador de arsina sendo o sistema fechado imediatamente com o auxílio de vaselina sólida para auxiliar na vedação, evitando a perda do gás arsina gerado. Inicialmente, a solução adicionada de DDC-Ag era amarela, contudo, ao final do processo ela se apresentou na cor avermelhada, devido a reação com o gás arsina e formação de DDC-As. Isso ocorreu devido a reação do iodeto de potássio e cloreto estanhoso bihidratado em meio ácido com adição do ácido clorídrico. Assim, houve a liberação de elétrons que reagiram com o arsênio presente na amostra dando origem ao ácido arsenioso. Com a adição do zinco em meio ácido, ocorreu a liberação de H<sup>+</sup> e sua reação com o ácido arsenioso originou a arsina que na presença do dietilditiocarbamato de prata forma o dietilditiocarbamato de arsênio, que apresenta coloração avermelhada.

Além das amostras, foi feito um branco e três soluções, todas em duplicata, nas quantidades de 0,5, 1 e 4 µg/mL de arsênio, obtidas a partir da preparação de uma solução de trabalho 1 µg/mL, formada a partir de uma solução estoque de arsênio composta de 0,132 g de anidrido arsenioso dissolvidos em 1 mL de hidróxido de sódio a 10% (NaOH) com água deionizada q.s.p 100 mL. A reação provocou um borbulhamento e quando ele cessou, a solução que restou na curva ascendente do tubo em “U”, de DDC-As, foi transferida para cubetas de vidro.

Dessa maneira, a etapa de quantificação foi iniciada. Ela foi realizada a partir da leitura do material contido nas cubetas em espectrofotômetro de absorção molecular do modelo Spectrophotometer Spectum SP 1105 a 540 nm. E por fim, com as absorbâncias obtidas construiu-se uma curva analítica no programa Excel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) através do parecer de número 3.940.097 no dia 27 de março de 2020.

Para a construção da curva padrão, com o objetivo de determinar as concentrações de arsênio total nas amostras, foram utilizadas alíquotas da solução padrão 1 µg/mL, nos valores de 0,5, 1 e 4 µg. Cada ponto foi feito em duplicata, e o gráfico da curva gerou uma equação,  $y = 0,0466x - 0,0019$ , e o valor de R<sup>2</sup> 0,9987. Os pontos X e Y representam, respectivamente, a concentração do arsênio que se deseja encontrar e absorbância da amostra. A Figura 1 representa a curva analítica obtida.

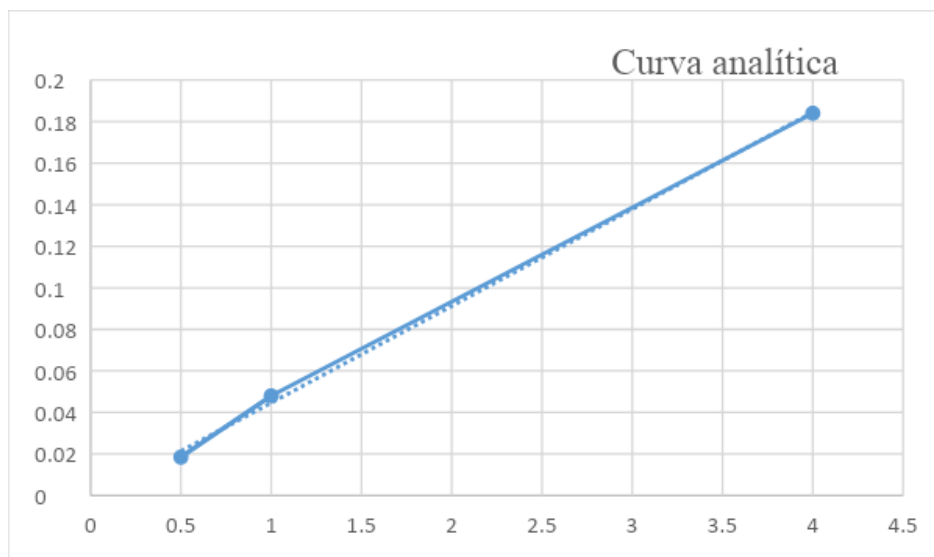


Figura 1 - Curva padrão para determinação de arsênio total.

Fonte: dados da pesquisa

Com o mesmo comprimento de onda, de 540nm, foi feita a análise das amostras e obtidos os valores das absorbâncias em duplicata para cada uma delas, e em seguida obteve-se a média aritmética e seu desvio padrão. Para amostra 1, ambas as absorbâncias foram de 0,067, com média e desvio padrão de  $0,067 \pm 0,000$ . Para a amostra 2 os valores encontrados foram de 0,052 e 0,062, com média e desvio padrão de  $0,057 \pm 0,007$ . Por último, para a amostra 3 ambas as absorbâncias foram de 0,075, com média e desvio padrão de  $0,075 \pm 0,000$ . Os valores obtidos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Média aritmética, desvio padrão e absorbância de cada amostra.

Fonte: Dados da pesquisa

Amostra	Absorbância	Média $\pm$ DP
1	0,067	$0,067 \pm 0,000$
1'	0,067	
2	0,052	$0,057 \pm 0,007$
2'	0,062	
3	0,075	$0,075 \pm 0,000$
3'	0,075	

Esses valores foram aplicados na equação da reta e os resultados encontrados foram divididos por 2,5 g, quantidade de amostra inicialmente pesada. As concentrações das amostras em mg/kg, foi de 0,592 mg/kg para amostra 1 e o valor de média e desvio padrão de  $0,592 \pm 0,000$ . As concentrações da amostra 2 foram de 0,463 mg/kg e 0,695 mg/kg e o valor da média e desvio padrão foram de  $0,579$

$\pm 0,164$ . E por fim, para a amostra 3 as concentrações foram de 0,660 mg/kg e a média e desvio padrão de  $0,660 \pm 0,000$ . Os valores são mostrados na tabela 2.

Tabela 2 - concentração de arsênio em amostras de carne de caranguejo.

Fonte: dados da pesquisa

Amostra	Concentração (mg/kg)	Média $\pm$ DP
1	0,592	$0,592 \pm 0,000$
1'	0,592	
2	0,463	$0,579 \pm 0,164$
2'	0,695	
3	0,660	$0,660 \pm 0,000$
3'	0,660	

JULSHAMN et al. (18) avaliaram a segurança alimentar do caranguejo vermelho-rei nas águas da Noruega. A concentração média de As total encontrado foi de 10 mg/kg, valor muito acima do estabelecido na regulação brasileira. Contudo, a União Europeia ainda não instituiu limite máximo para As em frutos do mar na sua legislação.

JIANG et al. (19) estimaram os riscos à saúde causados pelo arsênio aos residentes de uma cidade tipicamente rural-industrial no Sul de Jiangsu na China, por meio do consumo de alimentos. A concentração média de arsênio total na carne de caranguejo foi de 0,017 mg/kg, valor abaixo do preconizado pela legislação brasileira e chinesa.

GHAENI et al. (20) realizaram estudo e encontram a concentração média de As no hepatopâncreas e músculo do caranguejo azul *Portunus segnis* da costa de Bushehr, parte norte do Golfo Persa foi de 0,14 mg/kg e 0,07 mg/kg, respectivamente. Essas concentrações são menores que o resultado obtido nesse estudo.

DAS e CHOWDHURY (21) em pesquisa realizada em caranguejos de lama no ambiente aquático natural de Bengala Ocidental, a concentração de resíduos de arsênio foi de 3,2 mg/kg. Esse valor está acima de 2,6 mg/kg, nível máximo permitido pelo FDA e também ultrapassa o LMT do Brasil.

SAHA e RAY (22) em estudo feito em caranguejos da espécie *Scylla serrata*, de importante valor nutritivo e econômico no ambiente natural de Bengala Ocidental, na Índia, a concentração de resíduos de arsênio foi de 3,2 mg/kg, o que segundo o estudo, permite que os crustáceos fiquem mais susceptíveis a infecções bacterianas.

ZHANG et al. (23) analisaram as espécies totais de arsênio presentes no caranguejo na Baía de Daya, na China e obtiveram resultados entre 13,4 e 35,1 mg/kg. Contudo, a ingestão de caranguejos foi considerada segura pois somente uma pequena parte do arsênio encontrado pertence ao mais tóxico para os seres humanos, o arsênio inorgânico.

Os teores de As nas amostras de carne de caranguejo analisadas, obtidas em lugares diferentes de Natal/RN não excederam o LMT de 1,00 mg/kg estabelecido pela legislação brasileira. O descumprimento das disposições contidas na presente Resolução e no regulamento por ela aprovado, constitui infração sanitária, nos termos da Lei n. 6.437, de 20 de agosto de 1977, sem prejuízo das responsabilidades civil, administrativa e penal cabíveis (17). **CONCLUSÃO** As três amostras de carne de caranguejo analisadas apresentaram valores de arsênio dentro dos níveis toxicológicos aceitáveis para consumo humano, não ultrapassando o valor máximo de 1 mg/kg estabelecido pela legislação vigente. Contudo, apesar dos resultados obtidos serem satisfatórios, novos estudos são de extrema importância para o monitoramento constante da contaminação de caranguejos e avaliação dos riscos de seu consumo para que no futuro a saúde da população que os ingerem, não seja prejudicada.

## CONCLUSÃO

As três amostras de carne de caranguejo analisadas apresentaram valores de arsênio dentro dos níveis toxicológicos aceitáveis para consumo humano, não ultrapassando o valor máximo de 1 mg/kg estabelecido pela legislação vigente. Contudo, apesar dos resultados obtidos serem satisfatórios, novos estudos são de extrema importância para o monitoramento constante da contaminação de caranguejos e avaliação dos riscos de seu consumo para que no futuro a saúde da população que os ingerem, não seja prejudicada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Pinheiro, M. M. A.; Fiscarelli, A. G. **Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá** (*Ucides cordatus*). CEPsul/ IBAMA, Itajaí, Brasil, 2001,43pp
- (2) SCHAEFFER- NOVELLI, Y. (coord.). **Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o Mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995.
- (3) SOUTO, Francisco José Bezerra. **Uma abordagem etnoecológica da pesca do caranguejo**, *Ucides cordatus*, Linnaeus, 1763 (Decapoda: Brachyura), no manguezal do Distrito de Acupe (Santo Amaro-BA). *Biotemas*, Feira de Santana, v. 20, n. 1, p.69-80, mar. 2007.
- (4) NORDHAUS, I.; WOLFF, M.; DIELE, K. Litter processing and population food intake of the mangrove crab *Ucides cordatus* in a high intertidal forest in northern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 67, p. 239-250. 2006
- (5) FISCARELLI, Ana Gláucia. **Rendimento, análise químico-bromatológica da carne e fator de condição do caranguejo-uçá *Ucides cordatus*** (LINNAEUS, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae). 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- (6) PEDROSA, L. F. C.; COZZOLINO, S. M. F. **Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN**. *Cienc. Technol. Aliment.*, Campinas, v. 21, n. 2, p.154-157, 2001
- (7) NIENCHESKI, L. F.; WINDOM, H. L.; BARAJ, B.; WELLS, D. & SMITH, R., 2001, **Mercury in fish from Patos and Mirim lagoons**, Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42:1403-1406.

- (8) RAMÍREZ, L.; MARTINEZ, M. T.; ZAPARETO, J.; HERRANZ, M.C. **Incidência sanitária y evaluación toxicológica de aluminio (Al), Mercurio (Hg), Plomo (Pb) y Arsénico (As)**. Alimentaria, v. 186 (out), p. 67-70, 1987.
- (9) **Manguezais: educar para proteger / Organizado por Jorge Rogério Pereira Alves**. - Rio de Janeiro: FEMAR: SEMADS, 2001.
- (10) PATACA, L. C.; BORTOLETO, G. G.; BUENO, M. I. M. S. **Determinação de arsênio em águas contaminadas usando fluorescência de raios-X por energia dispersiva**. Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 579-582. jul./ago. 2005.
- (11) RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G. **EFEITOS DA EXPOSIÇÃO AO ARSÊNIO NA SAÚDE HUMANA**. Saúde.com, Ouro Preto, v. 4, n. 2, p.148-159, jul. 2008.
- (12) Abdolahpur Monikh, F., Karami, O., Hosseini, M., Karami, N., Abdi Bastami, A., & Ghasemi, AF (2013). **O efeito de produtores primários de cadeias alimentares aquáticas experimentais sobre a biomagnificação do mercúrio e do PCB153**. Ecotoxicology and Environmental Safety, 94 , p. 112–115.
- (13) Liang, Y., Tse, MF, Young, L. e Wong, MH (2007). **Padrões de distribuição de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) nos sedimentos e peixes na Reserva Natural Mai Po Marshes, Hong Kong**. Pesquisa da Água, 41, p. 1303–1311.
- (14) Everaarts, JM, den Besten, PJ, Hillebrand, MTJ, Halbrook, RS, & Shugart, LR (1998). **Quebra de cadeias de ADN, actividade do sistema monooxigenase dependente do citocromo P-450 e níveis de congêneres bifenilo clorados no ceco pilórico da estrela do mar (Asterias rubens) do Mar do Norte**. Ecotoxicologia, v.7, p. 69-79.
- (15) Mir, K.A.; Rutter, A.; Koch, I.; Smith, P.; Reimer, K.J.; Poland, J.S. 2007. **Extraction and speciation of arsenic in plants grown on arsenic contaminated soils**. Talanta, v.72, p.1507-1518.
- (16) Arbab-Zavar, M.H.; Hashemi, M. 2000. **Evaluation of electrochemical hydride generation for spectrophotometric determination of As (III) by silver diethyldithiocarbamate**. Talanta, v.52, p.1007- 1014.
- (17) ANVISA. Resolução RDC nº 43, de 29 de agosto de 2013. Ministério da Saúde - MS. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa**. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042\\_29\\_08\\_2013.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html)>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- (18) JULSHAMN, Kaare et al. **Heavy metals and POPs in red king crab from the Barents Sea**. Food Chemistry (Química Alimentar), [s.l.], v. 167, p.409-417, jan. 2015.
- (19) JIANG, Yanxue et al. **Levels of arsenic pollution in daily foodstuffs and soils and its associated human health risk in a town in Jiangsu Province, China**. Ecotoxicology And Environmental Safety (Ecotoxicologia e Segurança Ambiental), [s.l.], v. 122, p.198-204, dez. 2015.
- (20) GHAENI, Mansoreh; POUR, Nasrin Adami; HOSSEINI, Mehdi. **Bioaccumulation of polychlorinated biphenyl (PCB), polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH), mercury, methyl mercury, and arsenic in blue crab Portunus segnis from Persian Gulf**. Environmental Monitoring And Assessment, [s.l.], v. 187, n. 5, p.187-253, 16 abr. 2015.
- (21) DAS, S.; CHOWDHURY, A. R.; **Arsenic: A Global Monster**. Sci, Culto. p 230-237, 2006.
- (22) SAHA, Sanjib; RAY, Sajal. **Sublethal Effect of Arsenic on Oxidative Stress and Antioxidant Status in Scylla serrata**. Clean - Soil, Air, Water, [s.l.], v. 42, n. 9, p.1216-1222, 6 mar. 2014.
- (23) ZHANG, Wei et al. **Arsenic speciation in wild marine organisms and a health risk assessment in a subtropical bay of China**. Science Of The Total Environment, [s.l.], v. 626, p.621-629, jun. 2018.



Recebido: 15 de agosto de 2019

Aprovado: 25 de março de 2021



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.