

RISCO À QUALIDADE DO PESCADO DA COSTA AMAZÔNICA MARANHENSE

Daniella Brito- docdani33@gmail.com

Resumo: O Maranhão, situado na região da Amazônia Legal, abriga florestas e rios importantes, onde a pesca desempenha um papel crucial na subsistência local. No entanto, a intensa ocupação humana causa diferentes formas de poluição. Esses fatores podem prejudicar a qualidade do pescado em ambientes estuarinos. A análise microbiológica é essencial para avaliar a qualidade do pescado, pois as Doenças Transmitidas por Alimentos são causadas por bactérias, vírus, parasitas e agentes químicos. Esses agentes podem provocar desde desconfortos leves até casos graves de diarreia, vômitos, febre, dores abdominais, desidratação e, em situações extremas, até mesmo óbito. Os efeitos da exposição a esses metais variam de acordo com o tipo, a quantidade e a duração da exposição, podendo resultar em intoxicação e problemas respiratórios, cardiovasculares e imunológicos.

Palavras-chave: Qualidade da água. Pescado. Amazônia.

RISK TO THE QUALITY OF FISH FROM THE AMAZONIAN COAST OF MARANHÃO

Abstract: Maranhão state harbors important forest and river areas that comprise the Legal Amazon, where fisheries are an important source of subsistence for the local population. Contamination of estuarine environments can negatively affect fish quality, since intense human occupation leads to different types of pollution. Microbiological analyses are important to assess fish quality, since causative agents of foodborne illnesses (FI) include bacteria, viruses, parasites, and chemical agents that may cause symptoms ranging from mild discomfort to severe diarrhea, vomiting, fever, abdominal pain, dehydration, and even death. The effects of exposure to heavy metal vary according to the metal, the how much metal is in the organism, and how long the exposure lasted; it may lead to illnesses such as intoxication, as well as respiratory, cardiovascular, and immunological problems.

Keywords: Water quality. Fish. Amazon.

RIESGO PARA LA CALIDAD DEL PESCADO DE LA COSTA AMAZÓNICA DE MARANHENSE

Resumen: Maranhão, ubicado en la Amazonía Legal, alberga importantes bosques y ríos, donde la pesca juega un papel crucial en los medios de vida locales. Sin embargo, la intensa ocupación humana provoca diferentes formas de contaminación. Estos factores pueden afectar la calidad del pescado en ambientes estuarinos. El análisis microbiológico es fundamental para evaluar la calidad del pescado, ya que las Enfermedades Transmitidas por Alimentos son causadas por bacterias, virus, parásitos y agentes químicos. Estos agentes pueden causar desde molestias leves hasta casos severos de diarrea, vómitos, fiebre, dolor abdominal, deshidratación y, en situaciones extremas, incluso la muerte. Los efectos de la exposición a estos metales varían según el tipo, la cantidad y la duración de la exposición, y pueden provocar intoxicaciones y problemas respiratorios, cardiovasculares e inmunológicos.

Palabras clave: Calidad del agua. Pez. Amazonas.

INTRODUÇÃO

A produção global de pescado pode aumentar 15% (204 milhões de toneladas) na próxima década, e o consumo per capita será de 21,5 kg até 2030. Esse aumento representa uma mudança significativa no uso do pescado, tornando-o uma importante fonte de proteína animal

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2023)- RESMA, Volume 15, número 2, 2023. Pág.01-16.

e segurança alimentar de muitas populações. Atualmente, o Brasil ocupa a 13^a posição na produção de peixes em cativeiro e o 8^o na produção de peixes de água doce. No entanto, já foi considerado o país com maior potencial para o desenvolvimento da pesca e aquicultura¹. Em 2022, o Maranhão alcançou a 6^a posição no ranking brasileiro de produção de pescado, com 50 mil toneladas². A região apresenta uma atividade econômica diversificada, com uma costa de aproximadamente 640 km, oferecendo uma ampla variedade de espécies de peixes, crustáceos e moluscos. A pesca é uma importante fonte de subsistência para as populações locais, seguindo uma tendência observada em toda a área da Amazônia Legal³. As águas costeiras do Maranhão são influenciadas pela presença de diversos rios, como o Parnaíba e o Gurupi. Além disso, a região conta com uma série de baías, enseadas e manguezais, que servem como habitats naturais para várias espécies marinhas.

A carne do pescado apresenta diversas vantagens nutricionais, como fácil digestibilidade, proteínas de alto valor biológico e presença de ácidos graxos, como o ômega-3. Porém, devido às suas características físico-químicas e contaminação dos habitats, o pescado é considerado a proteína de origem animal mais suscetível à deterioração, o que favorece o desenvolvimento e propagação de microrganismos que podem causar danos à saúde humana. Por essa razão, o pescado é frequentemente associado à Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's)^{4,5,6}.

O Ministério da Saúde brasileiro define as DTA's como síndromes clínicas resultantes da ingestão de alimentos ou água contaminados por agentes químicos ou biológicos, tais como bactérias, vírus, parasitas, toxinas e produtos químicos. Os sintomas podem variar desde leves desconfortos gastrointestinais até quadros graves de diarreia, vômitos, febre, dores abdominais, desidratação e, em casos extremos, óbito⁷. De acordo com a avaliação do perfil epidemiológico das doenças transmitidas por alimentos e água no Brasil, de 2009 a 2018, o pescado esteve envolvido em 2,1% dos casos de surtos de DTA⁸.

As espécies de bactérias que se destacam são as encontradas no ambiente aquático (*Vibrios*, *Listeria*, *Clostridium botulinum* e outras) e as oriundas de contaminação por manipulação e armazenamento incorretos (*Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*)⁹. Entre os vírus, podemos citar o vírus da hepatite A (VHA) e o norovírus. Já os parasitas transmitidos por pescado que podem afetar os seres humanos incluem helmintos como Opisthorchiidae, Heterophyidae, Paragonimidae (trematódeos), Anisakidae, Gnathostomidae (nematóides) e Diphyllbothridae (cestóides)¹⁰. Os perigos químicos relacionados ao consumo de pescados, por sua vez, incluem biotoxinas e resíduos de metais

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2023)- RESMA, Volume 15, número 2, 2023. Pág.01-16.

pesados, agrotóxicos, medicamentos veterinários e aditivos alimentares. ¹¹No Maranhão, altas concentrações de chumbo e cromo foram encontradas no tecido muscular de todas as espécies de peixes analisadas no estuário do rio Perizes, sugerindo contaminação por efluentes de indústrias localizadas próximas à área de estudo que utilizam esses metais em processos internos.

Para minimizar os riscos à saúde associados ao consumo de pescados, é importante que haja um controle rigoroso da qualidade da água e do sedimento, bem como medidas de gestão ambiental que visem à redução da poluição nessas áreas. Essa preocupação fica evidenciada pela crescente quantidade de leis que exigem a qualidade dos alimentos em todas as etapas da cadeia de produção¹².

AMAZÔNIA LEGAL

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Amazônia Legal (AMZ-L) é uma região que abrange nove estados brasileiros, incluindo Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, além de parte dos estados do Mato Grosso e Maranhão e corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM delimitada em consonância ao Art. 2º da Lei Complementar n. 124, de 03.01.2007¹³. A região amazônica é caracterizada por grande biodiversidade, com sua vasta e diversa área selvagem de floresta tropical, bacias hidrográficas com rios caudalosos e uma grande diversidade de espécies de peixes de água doce (estimadas em mais de 3000)^{14,15}.

O Maranhão na AMZ-L e a importância da atividade pesqueira

O Maranhão é um dos nove estados da Amazônia Legal e representa o estado com menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas, apresenta alto grau de desmatamento e fragmentação florestal e um dos menores índices de desenvolvimento humano da AMZ-L¹⁶. Apesar de a maior parte do território maranhense estar fora da floresta amazônica propriamente dita, a região maranhense que faz parte da Amazônia Legal abriga importantes áreas de floresta tropical e rios que são afluentes da bacia amazônica¹³. De acordo com dados do Governo do Estado do Maranhão, o estado abriga uma extensão da Floresta Amazônica que ocupa cerca de 34% de seu território, o que corresponde a aproximadamente 81.208,40 km². Essa área compreende 62 municípios e se estende desde o Rio Gurupi, na cidade de Carutapera, até São Luís, passando por localidades como Santa Inês, Formosa da Barra Negra e Carolina¹⁶. A região

tem uma rica biodiversidade, com uma variedade de espécies de animais e plantas, incluindo algumas endêmicas da região³.

A atividade econômica na região é diversa, com destaque para a produção de madeira, pecuária e agricultura; além disso, a pesca é uma importante fonte de subsistência para as populações locais, seguindo uma tendência observada em toda a área da Amazônia Legal¹⁶. O rio Amazonas e seus afluentes são lar de uma grande variedade de espécies de peixes, muitos dos quais são importantes para a alimentação das comunidades ribeirinhas¹⁷. De acordo com o último Censo Agropecuário do IBGE em 2017, a produção de peixes na AMZ-L foi estimada em 166.000 toneladas no ano de referência, sendo que destas, com grande representatividade da Amazônia Legal maranhense, evidenciando a importância tanto da atividade pesqueira quanto da aquicultura para a população local¹⁸. No entanto, há desafios a serem enfrentados para garantir a sustentabilidade da produção, como o controle da qualidade da água e a adoção de práticas de manejo adequadas, além da fiscalização da pesca ilegal.

CONTAMINAÇÃO DE AMBIENTES ESTUARINOS E RISCOS À QUALIDADE DO PESCADO

Segundo a definição de Pritchard¹⁹, os ambientes estuarinos são áreas de transição entre os rios e o mar, onde ocorrem importantes processos biológicos e físicos. Estima-se que 60% de todas as grandes cidades se desenvolveram ao redor de zonas de estuários, pois são áreas de fácil instalação de portos, são propícias a atividades pesqueiras, agricultura, exploração mineral e até mesmo atividades turísticas²⁰. Essa intensa ocupação humana, no entanto, torna essas áreas suscetíveis a serem afetadas por diversos tipos de poluição e pressões antrópicas, o que pode comprometer a qualidade da água, do sedimento e, conseqüentemente, a qualidade dos pescados que vivem nessas regiões^{21,22}.

A contaminação dos ambientes estuarinos pode ocorrer por diversos fatores, como lançamentos pontuais ou difusos de esgotos domésticos e industriais sem tratamento adequado, descarte de lixo, vazamento de petróleo, uso de pesticidas, adubos, fertilizantes agrícolas, contaminação por agrotóxicos, e a deposição de resíduos sólidos e produtos químicos no ambiente, os quais são capazes de se acumular em organismos aquáticos, ocasionando a redução da biodiversidade dos ecossistemas estuarinos, além de causar danos diretos à saúde humana, como as doenças transmitidas por esses organismos, tornando-se um risco à qualidade alimentar do pescado obtido em zonas de estuário^{23,24}.

O Golfão Maranhense, que concentra uma das maiores biodiversidades da região amazônica, sobretudo devido às suas extensas áreas estuarinas, é uma das maiores do país²⁵. Segundo pesquisas realizadas²⁶, foram evidenciadas a presença de Cádmiu (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) em todas as espécies coletadas no Golfão Maranhense, além disso foram encontrados níveis de concentração acima do limite máximo permitido. As análises realizadas neste estudo indicam que os peixes estão respondendo aos efeitos diretos causados por mudanças ambientais. A região apresenta indicativos de que existe certo grau de contaminação por metais pesados, os quais sofrem bioacumulação em pescado, que podem afetar ecossistemas marinhos e organismos aquáticos²⁷.

Para minimizar os riscos à saúde associados ao consumo de pescados provenientes de ambientes estuarinos, é importante que haja um controle rigoroso da qualidade da água e do sedimento, bem como medidas de gestão ambiental que visem à redução da poluição nessas áreas. Atualmente, o Brasil apresenta índice de coleta e tratamento de efluentes de 52% e 45%, respectivamente, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2016, o que representa uma situação preocupante em termos de qualidade da infraestrutura sanitária do país²⁸.

MICROBIOLOGIA DE PESCADOS

Doenças associadas ao consumo de pescado contaminado

O Ministério da Saúde brasileiro define as Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs) como uma síndrome clínica causada pela ingestão de alimentos ou água contaminados por diversos agentes biológicos, químicos e físicos, representando um risco para milhões de pessoas. Os sintomas podem variar desde leves desconfortos gastrointestinais até quadros graves de diarreia, vômitos, febre, dores abdominais, desidratação e, em casos mais graves, óbito⁷. De acordo com dados divulgados pelo Ministério da Saúde, a avaliação do perfil epidemiológico das doenças transmitidas por alimentos e água no Brasil, de 2009 a 2018, apontou o pescado como envolvido em 2,1% dos casos de surtos de DTA²⁸. Ademais, as DTA são divididas em quatro categorias, a saber: infecções, toxinfecções, intoxicações bacterianas e intoxicações não bacterianas⁷.

As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) mais comumente associadas ao consumo de pescado incluem: anisakidose, ciguatera, salmonelose, vibriose,^{29,30,31,32}

Nesse contexto, a análise microbiológica é um critério importante para avaliar a qualidade do pescado, já que o desenvolvimento microbiano é um dos principais fatores que levam à deterioração desse grupo de alimentos³³.

Bactérias patogênicas causadoras de DTAs

As bactérias são um dos grupos mais preocupantes e frequentemente associados a surtos³¹. Conforme mencionado anteriormente, a contaminação da carne do pescado por bactérias pode advir tanto de contaminação primária, microrganismos da microbiota do animal ou que habitam a água em que ele vive, quanto por inadequações no manuseio após a captura, no armazenamento e na conservação²⁸. A qualidade higiênica dos produtos da pesca no Brasil é, portanto, influenciada por diversos fatores, como ação eutrófica causada pela atividade humana, localização geográfica, diversidade microbiana e diferentes segmentos da cadeia produtiva³⁴.

Salmonella

A *Salmonella* é uma bactéria presente em diversos alimentos de origem animal, incluindo o pescado. Esse gênero faz parte da família das Enterobacteriaceae, composta por bactérias Gram-negativas que são comuns em diferentes ambientes, incluindo água, solo e animais humanos e não humanos. Duas de suas espécies podem ser causadoras de doenças em humanos: a *Salmonella enterica* e a *Salmonella bongori*³⁵. O Ministério da Saúde classifica a *S. enterica* como a espécie de maior relevância para a saúde pública, seus sorotipos apresentam características próprias no que tange à sua virulência, patogenicidade e resistência a antimicrobianos³⁶.

A *Salmonella* pode causar dois tipos de doenças, a Salmonelose não tifoide e a febre tifoide (causada por *Salmonella enterica* sorotipo Typhi)³⁷. Os sintomas incluem diarreia, náusea, vômito, febre e dor abdominal. No caso das salmoneloses não tifoide, a maioria das pessoas se recupera dentro de alguns dias a uma semana, havendo casos raros de complicações graves ou óbitos. A febre tifoide, por sua vez, é mais grave e tem uma taxa de mortalidade maior que a salmonelose não tifoide³⁶.

Em um estudo realizado por Guimarães et al.³⁸, foram analisadas 40 amostras de peixe traíra (*Hoplias malabaricus*) provenientes do município de São Bento -MA, sendo constatado que 2 amostras (5%) apresentavam *Salmonella* spp. Por sua vez, Cordeiro et al.³⁹ identificaram a bactéria em três amostras de sashimi de salmão de lojas diferentes, localizadas no município

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2023)- RESMA, Volume 15, número 2, 2023. Pág.01-16.

de São Luís. É importante destacar que, de acordo com a legislação brasileira estabelecida pela Resolução RDC nº 724/22 e Instrução Normativa IN nº 161/22 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, é exigida a ausência de *Salmonella* em amostras de pescado.

Escherichia coli

Embora a *Escherichia coli* seja mais comumente associada à contaminação de alimentos de origem bovina, também pode ser encontrada em pescados. A infecção por *E. coli* pode causar sintomas gastrointestinais, como náusea, vômito, diarreia e dor abdominal. Em casos graves, ela pode levar a complicações como insuficiência renal e Síndrome Hemolítica Urêmica (SHU)⁴⁰.

Um estudo publicado na revista Boletim do Instituto de Pesca em 2017 investigou a condição microbiológica do peixe bagre (*Sciades herzbergii*) capturado na Lagoa Bacanga, em São Luís, MA. Foram analisadas amostras de peixes em diferentes estações do ano para avaliar a presença de bactérias patogênicas, incluindo *E. coli*. Os resultados obtidos na pesquisa mostraram a presença dessa bactéria em todos os períodos avaliados. Além disso, foi observado um alto número de outras bactérias indicadoras de contaminação fecal, o que sugere uma possível contaminação por esgoto doméstico na lagoa⁴¹. A espécie foi identificada também em 36,9% (14/40) das amostras de peixe traíra (*Hoplias malabaricus*) analisadas por Guimarães et al.³⁸ no município de São Bento, MA.

Embora a cepa mais comumente associada a DTA em humanos seja a *Escherichia coli* O157:H7, que produz a toxina Shiga e é responsável por causar Síndrome Hemolítico-Urêmica (SHU), outras cepas de *E. coli* também podem causar doenças, como a *E. coli* enterotoxigênica (ETEC) e a *E. coli* enteroinvasiva (EIEC)^{42,43}.

Staphylococcus sp.

Staphylococcus sp. são microrganismos patogênicos que podem ser transmitidos por meio da manipulação inadequada do pescado. Essas bactérias gram-positivas são naturalmente encontradas na pele e nas mucosas de humanos e animais, e algumas cepas têm a capacidade de produzir enterotoxinas, que causam intoxicação alimentar em humanos quando consumidas em alimentos contaminados^{44,45}. A contaminação por esse grupo de microrganismos pode ocorrer devido à qualidade inadequada da água em que os pescados habitam, presença de animais ou outros fatores ambientais, como esgoto ou resíduos agrícolas⁴⁶. Além disso, a contaminação cruzada pode acontecer durante o processamento^{45,46,47}.

Se o pescado contaminado por *Staphylococcus* sp. for consumido cru ou mal cozido, as toxinas produzidas pelas bactérias podem sobreviver ao cozimento e causar intoxicação alimentar em humanos⁴⁸. Essas toxinas são resistentes ao calor e não são destruídas pelo cozimento, portanto, a melhor maneira de prevenir a intoxicação alimentar é garantir que os peixes sejam cozidos adequadamente e manuseados com segurança durante todo o processo de produção e consumo⁴⁹.

⁵⁰Realizaram uma avaliação da qualidade microbiológica de produtos derivados de pescado em cinco municípios da Baixada Maranhense (Bequimão, Bacurituba, Santa Helena, São João Batista e São Vicente Ferrer), como a carne mecanicamente separada (CMS). Os resultados indicaram contagens elevadas de coliformes totais e termotolerantes, além de contaminação por *Staphylococcus* sp. coagulase positiva em algumas amostras, que excederam os limites estabelecidos pela legislação, principalmente nas provenientes do município de Bacurituba, possivelmente devido à qualidade inadequada da água utilizada no preparo dos derivados.

Em contrapartida⁵¹, ao analisar 72 amostras de sururu vendidas em feiras em São Luís – MA, constatou que todas as 288 cepas do gênero *Staphylococcus* eram coagulase-negativas. As médias das populações de *Staphylococcus* coagulase-negativas (CNS) nas amostras variaram de $7 \times 10^9 \pm 0,9$ a $1 \times 10^{10} \pm 1$ UFC/g. Não foram encontradas cepas de *S. aureus*, o que indica que os produtos estavam de acordo com a legislação. Os altos valores de população média de CNS nas amostras sugerem que este grupo bacteriano está presente em grande quantidade devido a falhas de higiene dos manipuladores e na comercialização em temperatura ambiente.

Para uma intoxicação alimentar por *Staphylococcus* sp., os sintomas incluem febre, mal-estar geral, calafrios, cefaleia, desidratação, náuseas, vômitos, dores abdominais e diarreia⁴⁸. Esses sintomas podem durar de 24-48 horas e a maioria dos casos não necessita de tratamento médico, já que os sintomas geralmente desaparecem após algumas horas⁵². Portanto, para minimizar o risco de contaminação por este patógeno, é importante adotar práticas adequadas de higiene e segurança alimentar durante todo o processo, desde a captura até o consumo.

Vibrio sp.

Vibrios sp. são bactérias gram-negativas em forma de bastonetes curvos, comumente encontradas no meio marinho, principalmente em moluscos bivalves e crustáceos. Algumas espécies, como *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* e *Vibrio cholerae*, são conhecidas

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2023)- RESMA, Volume 15, número 2, 2023. Pág.01-16.

por causar doenças em humanos, incluindo gastroenterite, infecções de pele e, em casos mais graves, sepse^{53,54,55}. As doenças transmitidas por alimentos envolvendo pescados causadas por *Vibrios* sp. geralmente ocorrem quando estes alimentos infectados são consumidos crus ou mal cozidos^{56,57}.⁵⁸ Em um estudo realizado, foi avaliada a presença de *Vibrio parahaemolyticus* em ostras coletadas em diferentes pontos de extração na Ilha de São Luís - MA, e foi identificada a presença do microrganismo em 14,06% das amostras.

Aeromonas sp

Aeromonas sp. são bactérias comumente encontradas em ambientes aquáticos, e podem causar infecções transmitidas por alimentos, com destaque para o pescado⁵⁹. As infecções por *Aeromonas* sp. relacionadas ao consumo de pescados geralmente são causadas por duas espécies: *Aeromonas hydrophila* e *Aeromonas veronii* biovar sobria. Essas bactérias podem contaminar os pescados durante o processamento, armazenamento e preparação dos alimentos⁶⁰.

⁶¹Conduziu um estudo na Baixada Maranhense, no qual incluiu os municípios de Palmeirândia, Pinheiro, São Bento, São João Batista e São Vicente Ferrer, com o objetivo de analisar espécies de peixes nativas da região, como a traíra (*Hoplias malabaricus*), bagrinho (*Trachelyopterus galeatus*) e curimatá (*Prochilodus lacustris*). Dos 120 exemplares de peixe coletados em feiras e pontos de venda dessas cidades, 56,66% estavam contaminados por bactérias do gênero *Aeromonas*, sendo a *A. hydrophila* (95,5%) a mais prevalente, seguida por *A. caviae* (1,5%), *A. veroni* biovar *veroni* (1,5%) e *A. trota* (1,5%).

⁶²Avaliou a qualidade higiênico-sanitária do tambaqui (*Colossoma macropomum*) vendido na cidade de São Luís - MA, e detectou a presença de *Aeromonas* spp. em 93,3% (56/60) das amostras analisadas. Em ambos os estudos, os autores sugerem que essa contaminação pode estar relacionada à origem dos peixes, que foram criados localmente e regionalmente, e ao local de comercialização, que inclui feiras livres e supermercados.

CONTAMINAÇÃO POR METAIS EM ALIMENTOS PESQUEIROS

A contaminação por metais em alimentos pescados é um problema ambiental grave em muitas regiões do mundo. Os metais pesados, como o mercúrio, o chumbo e o cádmio, são amplamente encontrados no ambiente devido à sua história de uso em várias atividades humanas e podem se acumular em moluscos e outros organismos aquáticos através da ingestão de água ou alimentos contaminados⁶². Os metais têm um alto potencial de biomagnificação, o

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2023)- RESMA, Volume 15, número 2, 2023. Pág.01-16.

que significa que suas concentrações aumentam ao longo da cadeia alimentar^{64, 65}. Quando os seres humanos consomem pescados contaminados, os metais pesados podem se acumular em seus corpos ao longo do tempo, causando uma série de problemas de saúde⁶⁶.

O mercúrio é um dos metais pesados mais preocupantes em termos de contaminação alimentar. A Organização Mundial da Saúde define o limite tolerável de consumo de mercúrio por seres humanos em microgramas por quilo de peso corporal por semana⁶⁷. O chumbo e o cádmio são metais pesados que podem acumular-se nas cadeias alimentares aquáticas, o que pode comprometer a saúde humana e animal quando consumidos em grandes quantidades. Esses metais são especialmente perigosos para a saúde humana pela facilidade aos quais são absorvidos pelos organismos, causando efeitos prejudiciais no sistema nervoso, nos rins e nos ossos.

⁶⁸Descobriu que, no tecido muscular dos peixes do estuário do rio Perizes (MA), as concentrações de cromo e chumbo excedem os limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira em grande parte das amostras analisadas em ambos os períodos sazonais. Essa descoberta sugere contaminação por efluentes de indústrias próximas que utilizam esses metais em seus processos internos.

⁶⁹Ao realizar um estudo no Rio dos Cachorros (MA), constatou que as concentrações de cobre (Cu) na água e de chumbo (Pb) no tecido muscular dos peixes eram altas. Isso levanta preocupações sobre o potencial de biomagnificação desses elementos e os riscos sérios que representam para a saúde pública.

⁷⁰Avaliaram os níveis de cádmio (Cd), cromo (Cr), ferro (Fe) e manganês (Mn) no tecido muscular de cinco espécies de peixes capturados em três baías do Golfo do Maranhão (Arraial, São José e São Marcos). Eles descobriram que as concentrações de metais estavam acima do limite máximo permitido nas três baías estudadas. Esses resultados sugerem riscos associados ao consumo de produtos provenientes das atividades de pesca artesanal na região.

Os metais encontram-se na lista prioritária de substâncias perigosas de 2017 da Agency for Toxic Substance and Disease Registration (ADSTR), sendo arsênio, chumbo e mercúrio citados como os mais perigosos⁷¹. Em sua maioria, os estuários localizados na América do Sul estão contaminados com metais⁷². O comportamento dos metais nos ambientes estuarinos é um processo complexo influenciado pela variação anual de salinidade, da renovação de água, de níveis de oxigênio, de cargas de material em suspensão, do tamanho do grão, da mobilidade e composição dos sedimentos⁷³.

Doenças associadas à contaminação por metais pesados

A exposição aos metais pesados pode levar a problemas à saúde humana, dependendo do metal, sua quantidade presente no organismo, e a duração da exposição⁶⁶. Algumas doenças causadas por metais pesados incluem: Intoxicação por chumbo, Intoxicação por mercúrio, Intoxicação por cádmio ^{63,74,75}. Além dessas doenças, a contaminação por metais pesados também pode levar frequentemente a problemas respiratórios, cardiovasculares e imunológicos. Por isso, é importante evitar a exposição excessiva a esses elementos químicos e realizar o monitoramento da qualidade dos alimentos pescados acerca das concentrações de metais e metalóides ali presentes ⁶⁶.

CONCLUSÃO

Os ambientes estuarinos da Costa Amazônica do Maranhão, enfrentam desafios para garantir o controle da qualidade da água e dos pescados oriundos da mesma. Ainda que o pescado tenha importantes vantagens nutricionais, pode ser considerada em alguns casos um risco à segurança alimentar de muitas populações locais, devido ao desenvolvimento e propagação de microrganismos e perigos químicos, que podem causar danos à saúde humana. Para minimizar os riscos à saúde associados ao consumo de pescados, é importante que haja um controle rigoroso da qualidade da água e do sedimento, no tocante à contaminação bacteriológica e química, bem como medidas de gestão ambiental que visem à redução da poluição nessas áreas.

REFERÊNCIAS

1. Fao. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/publications/sofia/en/>. Acesso em: 04 mar. 2023.
2. Anuário Peixe BR da Piscicultura 2023. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario/>
3. Martins MB, Oliveira TG. Amazônia Maranhense: diversidade e conservação. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011. 328 p.
4. Pastro DC, Mariotto S, Santos EC, Ferreira DC, CHITARRA GS. Use of molecular techniques for the analysis of the microbiological quality of fish marketed in the municipality of Cuiabá, Mato Grosso, Brazil. Food Science and Technology, Campinas, v. 39 (Suppl. 1), p. 146-151, 2019. <https://doi.org/10.1590/fst.40217>
5. Velioglu HM, Temiz HT, Boyaci HI. Differentiation of fresh and frozen thawed fish samples using Raman spectroscopy coupled with chemometric analysis. *Food Chemistry*, v. 172, p. 283-290, 2015.
6. Soares KMP, Gonçalves AA. Qualidade e segurança do pescado. Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso), v. 71, n.1, p. 1-10, 2012.

7. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual integrado de vigilância, prevenção e controle de doenças transmitidas por alimentos / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010. 158 p.: il. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).
8. Brasil. Ministério da Saúde. Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil, 2018. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/maio/17/Apresentacao-Surtos-DTA-Maio-2019.pdf>. Acessado em 04 mar. 2023.
9. Santos CAML. Doenças Transmitidas por Pescado no Brasil. Revista Brasileira de Medicina Veterinária, Rio de Janeiro, v. 4, n. 32, p. 234-241, out/dez. 2010.
10. Huss HH, Ababouch L, Gram L. Assessment and management of seafood safety and quality. FAO Fish. Tech. Paper 444, 2003. 230p.
11. Albuquerque KFM, Silva MHL, Azevedo JWJ, Soares LS, Bandeira AM, Soares LA, et al. Assessment of water quality and concentration of heavy metals in fishes in the estuary of the Perizes River, Gulf of Maranhão, Brazil, Marine Pollution Bulletin, Volume 186, 2023, 114420, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114420>.
12. Rocha RE, Sousa RS, Luz LE. Pesquisa de *Staphylococcus aureus* em Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) comercializada no semiárido piauiense. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. 1 - 11, 2020.
13. Ibge. Amazônia Legal. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e> Acesso em: 04 mar. 2023.
14. Ab'Saber A. (2002). Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados* 16(45): 7-30
15. Silva JMC, Rylands AB, Fonseca GAB. The Fate of the Amazonian Areas of Endemism. *Conservation Biology*, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 689-694, jun. 2005. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00705.x>.
16. Setur-MA. Polo Amazônia Maranhense. Disponível em: <https://turismo.ma.gov.br/programas-ou-campanhas/polo-amazonia-maranhense>. Acesso em: 04 mar. 2023.
17. Santos GM, SANTOS ACM. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. *Estudos Avançados*, [S.L.], v. 19, n. 54, p. 165-182, ago. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142005000200010>.
18. Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário (2017). Disponível em sidra.ibge.gov.br.
19. Pritchard WD. Observation of circulation in coastal plain estuaries. In: Lauff GH (ed) *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC, 1967.
20. Miranda LB, Castro BM, Kjerfve B.. *Princípios de Oceanografia física de estuários*. São Paulo: Edusp, 2002.
21. Moreira LL. Caracterização da contaminação metálica e adequação da *Spartina alterniflora* como espécie bioindicadora de contaminação no estuário da lagoa dos patos: base para a gestão ambiental do estuário [Dissertação]. Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro, Universidade Federal do Rio Grande., Rio Grande, 2012.
22. Veronez JP, Bastos AC, Quaresma VS. Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 27,

- n. 4, p. 609-624, dez. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-261x2009000400006>
23. Santana LMBM, Lotufo LVC, Abessa DMSA. contaminação antrópica e seus efeitos em três estuários do litoral do Ceará, nordeste do Brasil - Revisão. *Arquivos de ciências do mar, Fortaleza*, v. 48, n. 2, p. 93-115. 2015.
 24. Ribeiro FG. Modelagem da qualidade de água do sistema estuarino do rio Itanhaém (SP). Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/238635>>
 25. Silva MHL. Avaliação da qualidade ambiental do golfo maranhense por meio de variáveis biológicas, químicas e físico-químicas. 138 f. [Tese] (Programa de Pós-Graduação em Rede - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.
 26. Silva MHL, Torres Júnior AR, Castro ACL, Azevedo JWJ, Ferreira CFC, Cardoso RL, et al. Fish assemblage structure in a port region of the Amazonic coast. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 108, p. e2018018, 2018.
 27. Sousa DBP, Almeida ZS, Carvalho-Neta RNF. Biomarcadores histológicos em duas espécies de bagres estuarinos da Costa Maranhense, Brasil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 65, n. 2, p. 369–376, abr. 2013.
 28. Brasil. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018, 220 p.
 29. Souza ME, Cardoso EO, Leal LA, Lima TMP, Toledo RCC. Anisakidose humana: zoonose com risco potencial para consumidores de pescado cru. *Vet. e Zootec.* 2016 mar.; 23(1): 25-37.
 30. Neves, CK, Goldani LZ. Ciguatera fish poisoning in Brazilian traveler to Caribbean. *The Brazilian Journal Of Infectious Diseases*, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 200-202, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjid.2019.06.004>.
 31. Gazzal LES, Brito KCT, Cavalli LS, Kobayashi RKT, Nakazato G, Otutumi LK, et al. Salmonella sp. em peixes – qual a importância para sanidade em pescado?. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 24, n. 1/2, p. 55-64, 28 dez. 2018.
 32. Somboon M, Purivirojkul W, Limsuwan C, Chuchird N. Effect of *Vibrio* spp. in White Feces Infected Shrimp in Chanthaburi, Thailand. *Journal of Fisheries and Environment*, 36(1), 7–15. Retrieved from <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFE/article/view/80769>
 33. Souza FA, Rodrigues RA, Arruda FA, Santos WLM, Santos TM. Caracterização higiênico-sanitária e tecnológica dos pescadores e da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) comercializada no mercado municipal de Salinas-MG. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 197-200, 2017.
 34. Do Rosário JVS, Alcântara BL, Rosa RMSS, Silva PA, Silva FER, Bichara CMG. Adequações higiênico-sanitárias e físico-estruturais dos boxes de comercialização de peixes no mercado do Ver-O-Peso, em Belém/PA / Hygienic-sanitary and physico-structural conditions of fish marketing boxes in the Ver-O-Peso market, in Belém/PA. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 6, n. 8, p. 59153–59167, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-363. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/15155> Acesso em: 28 sep. 2022.
 35. Akhtar S. Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* spp. in fish and fishery products: A review. *Journal of Food Safety*, v. 41, n. 1, p. e12805, 2021.

36. Brasil. Ministério da Saúde. Salmonella (Salmonelose). 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/salmonella-salmonelose#:~:text=Salmonella%20\(Salmonellose\)%20%C3%A9%20uma%20bact%C3%A9ria,.%20enterica%20e%20S.%20bongori..](https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/salmonella-salmonelose#:~:text=Salmonella%20(Salmonellose)%20%C3%A9%20uma%20bact%C3%A9ria,.%20enterica%20e%20S.%20bongori..) Acesso em: 20 mar. 2023. 39
37. Souza MC, Destro MT. Occurrence and behavior of Salmonella in fish processing environments: a review. *Journal of Food Protection*, v. 77, n. 12, p. 2172-2181, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-14-187>
38. Guimarães L, Santos AC, Ferreira E, Pereira D, Costa F. Microbiological quality of trahira fish (*Hoplias malabaricus*) from Baixada Maranhense, municipality of São Bento, MA. *Arq Inst Biol [Internet]*. 2017;84. Available from: <https://doi.org/10.1590/1808-165700X142015>
39. Cordeiro KS, Galeno LS, Mendonça CJS, Carvalho IA, COSTA FN. Occurrence of pathogenic and spoilage bacteria in salmon sashimi: histamine and antimicrobial susceptibility evaluation. (2020). *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2019085. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08519> 42
40. Abd-Elghany SM, Sallam KI. Occurrence and molecular identification of *Vibrio parahaemolyticus* in retail shellfish in Mansoura, Egypt. *Food Control*, 399-405, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.024>
41. Marreira RG, Luvizotto-Santos R, Nascimento AR. Microbiological condition of the catfish *Sciades herzbergii* from Bacanga lagoon, Northeastern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 43, n. 4, p. 502-512, 2017.
42. LI, R. et al. Prevalence and characterization of *Escherichia coli* isolated from retail ready-to-eat foods in China. *Journal of Food Protection*, v. 83, n. 2, p. 263-271, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-19-344>
43. BHATTACHARYYA, D. et al. Incidence of pathogenic and non-pathogenic *Escherichia coli* in fresh seafood sold in Kolkata, India. *International Journal of Food Microbiology*, v. 141, n. 1-2, p. 105-110, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.033>
44. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2019). Lista de Padrões Microbiológicos para Alimentos Prontos para Oferta ao Consumidor. Instrução Normativa N°. 60, de 26 de dezembro de 2019. Figura 5-Palestra sobre “Boas práticas de manipulação do pescado” aos comerciantes da feira da Panair, Manaus-AM.
45. FEITOSA, A. C., et al. (2017). *Staphylococcus aureus* em alimentos. *Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, 4 (4), 15-31.
46. SANTOS, T. P., et al. (2018). Presence of *Staphylococcus aureus* and enterotoxigenic *Staphylococcus* in fish and seafood marketed in Brazil. *Food Control*, 84, 196-200.
47. FERREIRA, G. M. et al. (2019). Occurrence, enterotoxigenic potential and antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp. isolated from fishery products in Brazil. *Food Control*, 102, 181-186.
48. JIAO, X. et al. (2021). Prevalence, Enterotoxigenicity, and Antimicrobial Resistance of *Staphylococcus* spp. Isolated from Fresh Fish in China. *Frontiers in Microbiology*, 12, 719768.
49. Abriouel H, Franz CM, Ben Omar N, Gálvez A. Diversity and applications of *Bacillus* bacteriocins. *FEMS Microbiol Rev.* 2011 Jan;35(1):201-32. doi:10.1111/j.1574-6976.2010.00244.
50. Silva LM, Jesus GS, Soeiro FCS, Carvalho IA, Costa FN. Avaliação da qualidade microbiológica de carne mecanicamente separada (CMS) e de derivados do pescado provenientes de cinco municípios da baixada maranhense. *Higiene Alimentar*. Volume 33 – NS. 288/289 – Abril / Maio de 2019.

51. Gomes KS, Saldanha GKMS, Silva RML, Lima RP, Soares ACB, Soares VS. (2021). Microbiological quality of Sururu meat (*Mytella Falcata*) commercialized in the City of São Luís-MA. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 9041–9049. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-614>
52. KASSAYE, G. et al. (2020). Prevalence, antimicrobial resistance, and enterotoxigenicity of *Staphylococcus* species isolated from fish and fish handlers in Bahir Dar, Ethiopia. *BMC Microbiology*, 20, 98.
53. Altekruze SF, Bishop RD, Baldy LM, Thompson SG, Wilson SA, Ray BJ, Griffin PM. *Vibrio* gastroenteritis in the US Gulf of Mexico region: the role of raw oysters. *Epidemiol Infect.* 2000 Jun;124(3):489-95. doi: 10.1017/s0950268899003714.
54. Austin B, Austin D, Sutherland R, Thompson F, Swings J. Pathogenicity of vibrios to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) and *Artemia* nauplii. *Environ Microbiol.* 2005 Sep;7(9):1488-95. doi: 10.1111/j.1462-2920.2005.00847.
55. Baker-Austin C, Joaquin T, Narjol G, Jaime M. Non-Cholera Vibrios: the microbial barometer of climate change. *Trends In Microbiology*, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 76-84, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tim.2016.09.008>.
56. Baker-Austin, C., Oliver, J.D., Alam, M. et al. *Vibrio* spp. infections. *Nat Rev Dis Primers* 4, 1–19 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41572-018-0005-8>
57. Jones MK, Oliver JD. *Vibrio vulnificus*: disease and pathogenesis. *Infection And Immunity*, [S.L.], v. 77, n. 5, p. 1723-1733, maio 2009. *American Society for Microbiology*. <http://dx.doi.org/10.1128/iai.01046-08>.
58. GALVÃO, E.B. Análise microbiológica de ostras (mollusca, bivalvia) obtidas de diferentes pontos de extração na ilha de São Luis – MA. 2016. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016.
59. Schuetz AN. Emerging agents of gastroenteritis: *Aeromonas*, *Plesiomonas*, and the diarrheagenic pathotypes of *Escherichia coli*. *Seminars in Diagnostic Pathology*. V. 36, n3, p. 187-192, 2019.
60. Chuang HC, Ho YH, Lay CJ, Wang LS, Tsai YS, Tsai CC. Different clinical characteristics among *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas veronii* biovar *sobria* and *Aeromonas caviae* monomicrobial bacteremia. *J Korean Med Sci.* 2011 Nov;26(11):1415-20. doi: 10.3346/jkms.2011.26.11.1415.
61. Silva MPM. Estudo da cadeia produtiva e avaliação higiênico sanitária das principais espécies de peixes nativos da Baixada Maranhense, Brasil. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís.
62. Santos EJ dos, Galeno LS, Bastos L da S, Costa TF, Carvalho IA, Costa FN. Qualidade higiênico-sanitária de tambaqui (*Colossoma macropomum*) comercializado na cidade de São Luís - MA. *Ciênc anim bras* [Internet]. 2019;20:e-46537. Available from: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v20e-46537>
63. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, v. 68, p. 167–182, 2003.
64. Fleming LE, Broad K, Clement A, Dewailly E, Elmir S, Knap A, et al. Oceans and human health: Emerging public health risks in the marine environment. *Mar Pollut Bull.* 2006;53(10-12):545-60. doi: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.012
65. Kite-Powell HL, Fleming LE, Backer LC, Faustman EM, Hoagland P, Tsuchiya A, et al. Linking the oceans to public health: current efforts and future directions. *Environ Health.* 2008 Nov 7;7 Suppl 2(Suppl 2):S6. doi: 10.1186/1476-069X-7-S2-S6.
66. Sultana S, Hossain MB, Choudhury TR, Yu J, Rana MS, Noman MA, et al. Ecological and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Cultured Shrimp and Aquaculture Sludge. *Toxics.* 2022 Apr 2;10(4):175. doi: 10.3390/toxics10040175

67. World Health Organization. Executive Board. 134th session. Agenda item 8.6, 23 January 2014. Public health impacts of exposure to mercury and mercury compounds: the role of WHO and ministries of public health in the implementation of the Minamata Convention. 8th meeting, 23 January 2014. EB134/SR/8. Disponível em: <http://renastonline.ensp.fiocruz.br/recursos/resolucao-oms-eb134r5-impactos-exposicao-mercurio-seus-compostos-papel-oms-ministerios>.
68. Albuquerque KFM, Silva MHL, Azevedo JWJ, Soares LS, Bandeira AM, Soares LA, et al. Assessment of water quality and concentration of heavy metals in fishes in the estuary of the Perizes River, Gulf of Maranhão, Brazil, Marine Pollution Bulletin, Volume 186, 2023, 114420, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114420>.
69. Santos D, Azevedo J, Ferreira H, Lamarão V, Soares L, Pinheiro J, et al. Metal Levels in Water and the Muscle Tissue of Fishes in the Cachorros River, São Luís Island, State of Maranhão, Brazil. (2019). Applied Ecology and Environmental Research. 17. 10.15666/aeer/1704_80378047.
70. Silva MHL, Castro ACL, Silva IS, Cabral PFP, Azevedo JWJ.; Soares LS, et al. Determination of metals in estuarine fishes in a metropolitan region of the coastal zone of the Brazilian Amazon, Marine Pollution Bulletin, Volume 186, 2023, 114477, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114477>
71. ATSDR - Agência de Registro de Doenças e Substâncias Tóxicas - ATSDR's Substance Priority List. Atlanta, GA: Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA, Serviço de Saúde Pública. 2019. <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/>. Acessado em: 25 de abril de 2023.
72. Barletta M, Lima ARA, Costa MF. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. Science of the Total Environment, v. 651, p. 1199-1218, 2019.
73. Rodrigues APC, Maciel P, Silva LCP, Leite J, Ferreira AC, Gomes V, et al. Chronic Effects of Methylmercury on *Astronotus ocellatus*, an Amazonian Fish Species. J Aquat Pollut Toxicol. 1:2, 2017.
74. Moreira FR, Moreira JC. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. Rev Panam Salud Publica. 2004;15(2):119–29.
75. Há E, Basu N, Bose-O'Reilly S, Dórea JG, McSorley E, Sakamoto M. Current progress on understanding the impact of mercury on human health. Environmental Research, [S.L.], v. 152, p. 419-433, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.042>.