

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGIE ROCIO BARRERA CONTRERAS

ANÁLISE DO RISCO À SAÚDE HUMANA POR METAIS E NITRATO EM ÁGUA  
POTÁVEL: ESTUDO DE CASO EM CASCAVEL-PR.

FOZ DO IGUAÇU

2025

ANGIE ROCIO BARRERA CONTRERAS

ANÁLISE DO RISCO À SAÚDE HUMANA POR METAIS E NITRATO EM ÁGUA  
POTÁVEL: ESTUDO DE CASO EM CASCAVEL-PR.

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão da especialização MBA em Gestão Ambiental, Setor de Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Marcela Boroski

FOZ DO IGUAÇU

2025

## RESUMO

A qualidade da água potável tem sido crescentemente afetada pelos resíduos gerados pelas atividades antrópicas. Como o uso de agrotóxicos, os quais apresentam em muitos casos nos seus componentes metais e nitrato (proveniente de compostos nitrogenados). Considerando que há uma lacuna na avaliação de tal risco, o presente estudo teve como objetivo avaliar o risco para a saúde associado à presença de metais e nitrato. Foram avaliados 41 pontos de coleta (zona rural e urbana) em Cascavel, utilizando dados do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA). A presença de Sb, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr e Hg e nitrato foi detectada em concentrações inferiores ao limite máximo estabelecido pela OMS, EU e a legislação brasileira. Após avaliação do CDI, HQ e THI, 25 das 41 amostras apresentaram valores superiores ao limite de referência, sinalizando risco não carcinogênico para a saúde. Os resultados sugerem que a presença desses compostos está diretamente associada à intensa comercialização e uso de agrotóxicos no município.

Palavras-chave: Agrotóxicos, Avaliação do risco, Contaminantes ambientais, Qualidade da água, Substâncias inorgânicas.

## ABSTRACT

The quality of drinking water has been increasingly affected by waste generated from anthropogenic activities. This is the case with the use of pesticides, which in many instances contain metals and nitrate (originating from nitrogen compounds) among their components. Considering that there is a gap in the assessment of this risk, the present study aimed to evaluate the health risk associated with the presence of metals and nitrate. A total of 41 sampling points (rural and urban areas) in Cascavel were evaluated using data from the Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA). The presence of Sb, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, and nitrate was detected at concentrations below the maximum limits established by the WHO, EU, and Brazilian legislation. After assessing CDI, HQ, and THI values, 25 out of the 41 samples showed results above the reference limit, indicating a potential non-carcinogenic health risk. The results suggest that the presence of these compounds is directly associated with the intensive commercialization and use of pesticides in the municipality.

Keywords: Pesticides, Risk assessment, Environmental contaminants, Water quality, Inorganic substances.

## 1 INTRODUÇÃO

O acesso à água potável de qualidade e as condições adequadas de saneamento impacta diretamente a saúde pública (PAHO, 2017). A presença de contaminantes como os metais pesados ou compostos como o nitrato na água representa um risco significativo, pois essas substâncias podem causar efeitos tóxicos mesmo em baixas concentrações. O chumbo, por exemplo, é um metal

persistente que se bioacumula no organismo, afetando o desenvolvimento cognitivo infantil e provocando disfunções cardiovasculares, renais e reprodutivas em adultos ao longo do tempo (OLMOS, 2022; EPA, 2025; OCTAVIO, 2022).

Já o nitrato, naturalmente presente na água, por fazer parte do ciclo do nitrogênio, pode atingir níveis elevados devido ao uso intensivo de agrotóxicos (AGTs) em solos agrícolas, bem como a contaminação por esgotos domésticos ou afluentes industriais, podendo ocasionar metaemoglobinemia e distúrbios gastrointestinais, especialmente em crianças (ALAM et al., 2021; EPA, 2024; WHO, 2017; REZAEI et al., 2018).

Apesar dos avanços regulatórios, ainda há lacunas nos sistemas de vigilância da qualidade da água, que nem sempre atendem plenamente ao indicador 6,1 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, referente à ausência de contaminantes microbiológicos e químicos (PAHO, 2017). No Brasil, o monitoramento é regulamentado pela Portaria GM/MS n.º 888/2021, que estabelece parâmetros de potabilidade e é operacionalizado pelo Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água (Vigiagua), com resultados disponibilizados no SISAGUA (BRASIL, 2024). Embora os limites nacionais sejam semelhantes aos da OMS e da União Europeia (Tabela 1), o uso crescente de novos compostos químicos exige revisões periódicas desses valores, para assegurar a proteção ambiental e da saúde humana.

Diante da escassez de estudos sobre o risco cumulativo de metais e nitrato em fontes de água potável, este trabalho propõe uma análise dos dados do SISAGUA referentes ao município de Cascavel-PR. A escolha deve-se ao fato de o município ser um dos maiores consumidores de AGTs do Paraná (ADAPAR, 2024), o que pode contribuir para a presença desses contaminantes na água. Os resultados obtidos permitirão avaliar a adequação dos limites legais e contribuir para discussões sobre sua atualização, visando o cumprimento das metas dos ODS relacionadas à água e saneamento.

TABELA 1 – Valores máximos permitidos dos parâmetros em água potável

Parâmetros	WHO/OMS (mg/L)	União Europeia Diretiva 2020/2184 (mg/L)	Brasil – Portaria GM/MS nº 888/2021 (mg/L)
<b>Antimônio (Sb)</b>	0,02	0,005	0,005
<b>Arsênio (As)</b>	0,01	0,01	0,01
<b>Bário (Ba)</b>	1,3	NE	0,7

<b>Cadmio (Cd)</b>	0,003	0,005	0,005
<b>Chumbo (Pb)</b>	0,01	0,01	0,01
<b>Cobre (Cu)</b>	2	2	2
<b>Cromo (Cr)</b>	0,05	0,05	0,05
<b>Mercúrio (Hg)</b>	0,006	0,001	0,001
<b>Nitrato</b>	10	50	10

NE: Não especificado.

FONTE: WHO (2017); EU (2020); Ministério de Saúde (2021).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 USO DE AGROTÓXICOS

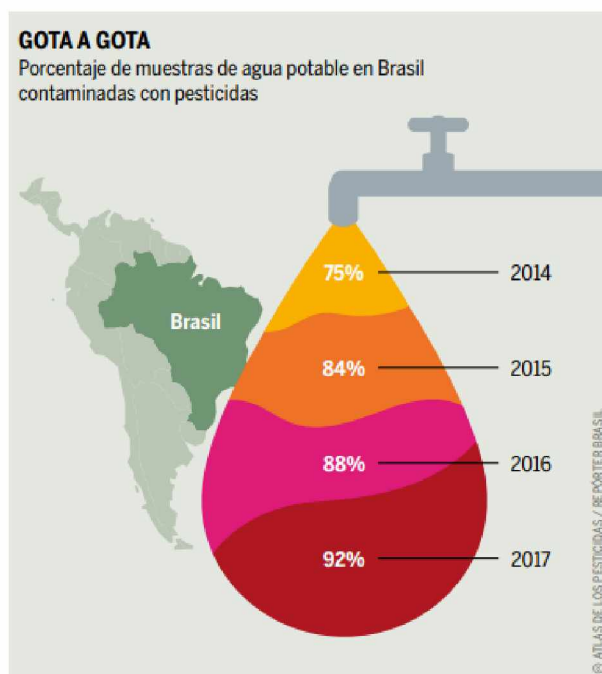
Com o aumento da demanda por alimentos, impulsionado pelo crescimento populacional global, tem-se promovido a expansão das áreas agrícolas para suprir essa necessidade. Paralelamente, observa-se um aumento nos impactos negativos causados por pragas, doenças e plantas daninhas, sendo estimado que cerca de 30% da produção agrícola é perdida devido ao ataque de pragas (GILANI, 2015).

Esse cenário tem intensificado o uso de AGTs como forma de controle, por exemplo, Brasil se destaca como um dos líderes mundiais no comércio de AGTs, ao lado dos Estados Unidos (FAOSTAT, 2024). Nos anos de 2006 a 2016 a demanda por estes produtos no mercado interno brasileiro cresceu 190%, enquanto no mercado mundial o aumento foi de 90% (ARANTES, 2017).

Em 2015, o Brasil cultivou 71,2 milhões de hectares e utilizou 899 milhões de litros de AGTs. As culturas de soja, milho e cana-de-açúcar representaram 76% da área total cultivada e consumiram 81% dos AGTs aplicados (PIGNATI et al., 2017). No Paraná, em 2024, o município de Cascavel se destacou como o principal polo de comercialização de insumos agrícolas, com aproximadamente 2678,5 toneladas vendidas (ADAPAR, 2025).

Esse crescimento no uso de AGTs contribui para um cenário preocupante: atualmente, 92% da água potável brasileira apresenta resíduos de AGTs (Figura 1) (FHB; AT; PAN, 2023). Esse aumento levanta sérias preocupações quanto aos impactos ambientais e à saúde humana decorrentes das práticas agrícolas intensivas.

FIGURA 1 – Percentual de amostras de água potável contaminada por AGTs (2014-2017).



FONTE: FHB; AT; PAN (2023).

Uma vez que aplicados no campo, os AGTs sofrem diversas transformações, e grande parte delas não atinge seu alvo, dispersando-se no ambiente por meio do vento, do solo e da água (CAMPOS, 2018).

Tal contaminação representa um grave problema, visto que muitos dos componentes desses produtos apresentam efeitos nocivos à saúde, incluindo efeitos genotóxicos, neurotóxicos, imunotóxicos, malformações congênitas, entre outros danos (INCA, 2018; OMS, 2022; FHB; AT; PAN, 2023). A situação se agrava no caso de AGTs utilizados no passado e de alguns ainda em uso, já que podem conter concentrações significativas de metais pesados em sua composição. Wuana et al. (2011), discutem as diferentes fontes de metais no solo, destacando o uso de AGTs, e citam como exemplo o Reino Unido, onde cerca de 10% dos produtos aprovados anteriormente continham elementos como Cu, Hg, Mn, Pb ou Zn.

Além disso, diversos estudos avaliaram a presença de metais pesados em herbicidas e fertilizantes, como o de Defarge, Sporoux e Séralini (2018) identificando contaminantes como Cr, Ni, Pb, e Co, em 22 amostras de herbicidas à base de glifosato e outros AGTs, elementos reconhecidos por seus efeitos tóxicos e de desregulação endócrina. Enquanto Jayasumana et al. (2024) analisaram 226 fertilizantes e 273 AGTs no Sri Lanka, observando elevadas concentrações de

arsênio, especialmente em fertilizantes fosfatados, como o triplo superfosfato, associando seu uso intensivo à maior incidência de doença renal crônica.

Ademais dos metais, outro composto de preocupação proveniente do uso agrícola é o nitrato. No estudo de Arauzo, Valladolid e Andries (2024), foi analisada a presença de nitrato em fontes de água próximas a zonas agrícolas em comparação com áreas de montanhosas ricas em florestas. Os autores identificaram que as principais fontes de contaminação de nitrato em águas superficiais e subterrâneas estavam associadas à agricultura intensiva, enquanto as áreas florestais atuavam como elementos de proteção para os recursos hídricos.

Diversos estudos também têm relatado altos níveis de contaminação de nitrato em águas subterrâneas, visto que o nitrato é altamente móvel, ele tende a se acumular em zonas de estagnadas nas camadas mais baixas dos aquíferos, onde o fluxo de água subterrânea é lento (ARAUZO; VALLADOLID; GARCÍA; ANDRIES, 2022; ARAUZO; MARTÍNEZ, 2015). A presença deste composto na água pode trazer consequências para a saúde, uma vez que, em concentrações elevadas, pode causar metaemoglobinemia, o qual afeta principalmente as crianças, chegando a ser fatal (BOLAÑOS; CORDERO; SEGURA, 2017).

## 2.2 METAIS

Os metais, são elementos tóxicos que, podem ingressar no solo por diferentes vias, afetando diretamente as lavouras e contribuindo para a contaminação dos cursos da água. De modo geral, os metais pesados chegam ao meio ambiente tanto por processos naturais quanto por atividades antrópicas.

As atividades naturais incluem processos pedogenéticos (fundo natural elevado), além de erupções vulcânicas e incêndios florestais. Já as fontes antrópicas englobam mineração, fundição, transporte e atividades agrícolas, sendo estas consideradas as principais causas de contaminação do solo por metais pesados. Além das regiões com altos níveis de fundo, os principais aportes de metais pesados em terras agrícolas incluem a deposição atmosférica, a irrigação com águas residuais, o lodo de esgoto, o esterco animal, os fertilizantes minerais e os AGTs, entre os quais a deposição atmosférica é considerada a principal responsável pela contaminação dos solos agrícolas (WANG; LIU; ZHUANG; WANG; LI, 2024, p.2).

Diversos estudos têm demonstrado que os metais podem ser depositados na água por diferentes processos, como deslocamento de partículas do solo, dispersão pelo vento, incêndios florestais, erupções vulcânicas, mineração, agricultura, entre

outros (ZAYNAB et al., 2022; FALLAHZADEH et al., 2017; TIWARI; LATA, 2018). Uma vez presentes no ambiente, esses contaminantes podem ser ingeridos por animais, plantas, e seres humanos, já que se podem confundir com substâncias orgânicas que normalmente contribuem no desenvolvimento. Contudo, pelas suas características, tendem a se acumular nos tecidos biológicos, resultando em bioacumulação e transferência trófica (OLIVEIRA, 2015; BISHNU et al., 2024, SHAHID et al., 2015), representando assim um sério risco à saúde.

Nesse contexto, estudos de monitoramento da qualidade de água têm identificado concentrações de metais pesados superiores aos limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Por exemplo, Ahmad et al. (2021), analisaram amostras de solo e água e verificaram que, embora a maioria dos metais estivesse abaixo dos limites da EU e do EPA, o Cu e Pb apresentaram valores acima do permitido, com quociente de perigo até sete vezes maior em comparação com os adultos.

De forma semelhante, Cestonaro et al. (2020) avaliaram, por meio da comparação entre agricultores e um grupo controle, a atividade de parâmetros bioquímicos em pessoas expostas a inseticidas inibidores da colinesterase e metais. Os resultados mostraram que agricultores em contato frequente com AGTs e metais em granjas alterações significativas em parâmetros bioquímicos, hematológicos e imunológicos, evidenciando os riscos da exposição crônica a esses xenobióticos.

### 2.3 NITRATO

Nitrato e nitrito são produtos de oxidação do nitrogênio por microrganismos presentes em plantas, solo ou água. O nitrito geralmente não está presente em concentrações significativas, exceto em um ambiente redutor, pois o nitrato é o estado de oxidação mais estável (IARC, 2010). Esse composto pode alcançar tanto águas superficiais quanto subterrâneas, como consequência da atividade agrícola (incluindo a aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados inorgânicos e esterco), do descarte de efluentes e da oxidação de resíduos nitrogenados presentes em excrementos humanos e de outros animais (OMS, 2022).

O monitoramento desse ânion permite utilizá-lo como indicador de contaminação ambiental de origem antrópica (BOLAÑOS; CORDERO; SEGURA, 2017). Por ser um componente facilmente encontrado próximo de áreas habitadas,

representa um risco significativo à saúde, podendo causar malformações congênitas, metaemoglobinemia, dor abdominal, distúrbios do sistema nervoso central, hipertensão, diarreia, vômitos, aumento da mortalidade infantil, diabetes e câncer. Conseqüentemente, os custos médicos associados a essas doenças tendem a ser elevados (MATHEWSON et al., 2020; PASTEL et al., 2022).

## 2.4 ANÁLISE DE RISCO

Uma das ferramentas desenvolvidas pela U.S. EPA (2001), é a implementação do cálculo da Ingesta Crônica Diária (CDI por suas siglas em inglês), o Quociente de perigo (HQ por suas siglas em inglês) e o Índice de Perigo Total (THI por suas siglas em inglês). A CDI representa os valores que uma pessoa ingere por dia, durante um tempo prolongado, em valores altos pode acumular-se no organismo e provocar efeitos crônicos a longo prazo, como câncer, dano hepático, alterações neurológicas, entre outros (ALAM et al., 2021).

Já o quociente de risco (HQ), se seu valor é superior ou igual a 1, indica que superou o valor máximo considerado seguro para a exposição diária, o que representa um aumento na probabilidade de problemas de saúde (NAWAB et al., 2015; FALLAHZADEH et al., 2017). E o THI, representa a soma dos diferentes contaminantes, uma vez que cada um dos compostos achados na água não é achado individualmente, eles estão em conjunto, pelo que o THI mede o perigo que a presença da soma de todos os compostos representa para a saúde.

## 3 METODOLOGIA

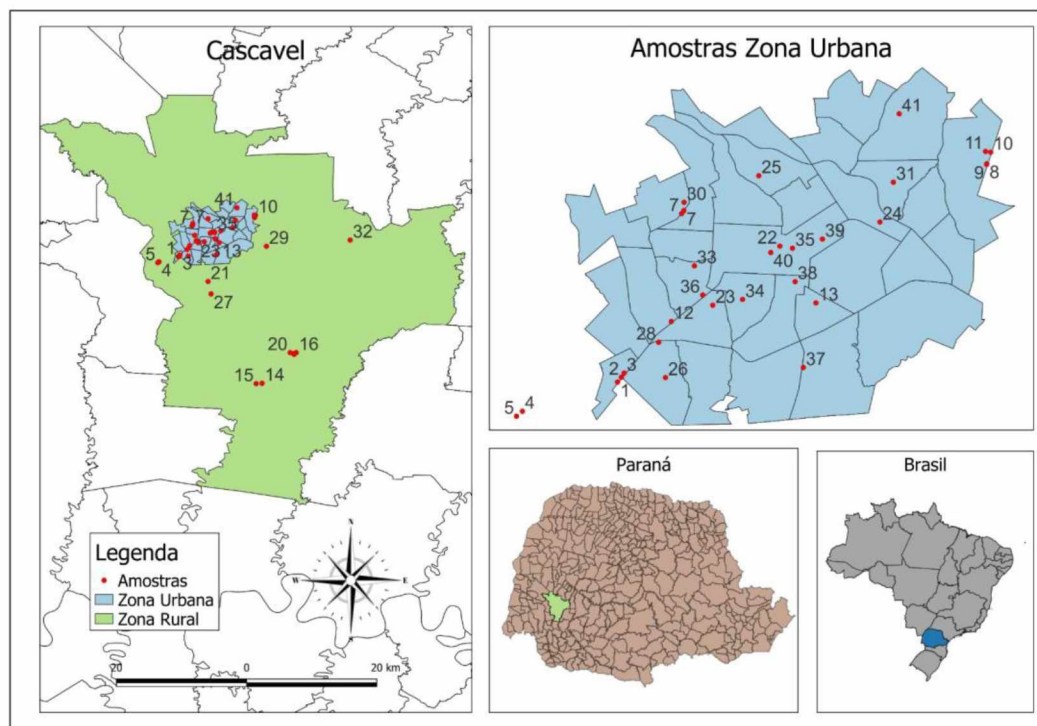
### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido a partir dos dados do SISAGUA referentes ao município de Cascavel, localizado no estado de Paraná, Brasil (Figura 2). Os dados foram obtidos do conjunto de informações sobre vigilância demais parâmetros, que incluem substâncias inorgânicas, agrotóxicos, parâmetros organolépticos, e substâncias orgânicas, abrangendo todos os estados e municípios do país. A partir desse conjunto, foram filtradas as informações relacionadas às substâncias inorgânicas, com foco nos metais e o nitrato.

Cascavel possui uma área de 2.091,199 km<sup>2</sup> e uma população de 348.051 habitantes, segundo o censo de 2022, com estimativa de alcançar aproximadamente

368.195 habitantes em 2025 (IBGE, 2023). O clima local apresenta temperaturas medias entre 11 °C a 28 °C, com uma precipitação meia anual de cerca de 150 mm. Cascavel se destaca por ser um dos maiores consumidores e comercializadores de AGTs no estado do Paraná, com um volume de 2.678,6 toneladas comercializadas em 2024 (ADAPAR, 2024).

FIGURA 2 – Localização aproximada das amostras no município de Cascavel-PR.



### 3.2 ANÁLISES DE DADOS

Foram analisados os valores referentes às concentrações de metais e nitrato presentes na água potável do município de Cascavel-PR. As informações analisadas correspondem às análises realizadas nos anos 2015 e 2019, sendo importante destacar que são amostras independentes, ou seja, não se tratam das mesmas coletas. Assim, inicialmente foram identificadas as localizações aproximadas dos pontos de amostragem com base nos dados do SISAGUA, que logo foram implementadas para a elaboração do mapa da Figura 2, no software QGIS (versão 3.22.8), utilizando dados vetoriais e limites administrativos do GeoCascavel (2025), além de serem caracterizadas as concentrações mais frequentes de cada metal e nitrato, bem como os valores mínimos e máximos registrados para cada um deles.

Com base nesses dados, e conforme à guia da avaliação do risco da U.S. EPA (2001), foi estimado o valor da Ingesta Diária Crônica (CDI) para diferentes

grupos etários da população (bebês, crianças, adolescentes, adultos e idosos), por meio da equação 1:

$$CDI = \frac{C \times IR \times F \times E \times D}{BW \times AT} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

CDI= ingesta diária crônica

C= concentração do composto químico de interesse na água

IR= taxa de ingestão de água

F= frequência da exposição

ED= duração média da exposição

BW= Peso corpóreo médio do indivíduo durante a exposição

AT= Período de exposição médio durante a exposição não carcinogênica

Assim, para as análises do CDI, foram tomados como dados de referência os valores da Tabela 2:

TABELA 2 – Parâmetros usados para calcular os valores de Ingesta Diária Crônica

Parâmetro	Unidade	Bebês (<1)	Crianças (1-11)	Adolescentes (12-18)	Adulto (>18)	Idoso (>60)
IR	L/dia	0,75	1	2	2,5	2
F	dia/ano	365	365	365	365	365
ED	ano	1	8	16	40	70
BW	Kg	5	25	50	70	70
AT	dias	365	2920	5840	14600	25550
C	mg/L	Dados SISAGUA				

FONTE: Rezaei et al. (2018), Alam et al. (2021), IBGE (2025), Corrêa et al. (2023)

Em seguida, calculou-se o Quociente de Perigo (HQ) para cada metal, utilizando os valores de dose de referência (RfD por suas siglas em inglês) estabelecidos pela EPA (2025). Esses valores estão apresentados na Tabela 3, e foram aplicados conforme à equação 2:

$$HQ = \frac{CDI}{RfD} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

HQ= quociente de perigo

CDI= ingesta diária crônica

RfD= dose de referência

TABELA 3 – Valores de RfD implementados no cálculo do quociente de perigo

Parâmetro	RfD (mg/Kg/dia)
<b>Sb</b>	$4 \times 10^{-4}$
<b>As</b>	$6 \times 10^{-5}$
<b>Ba</b>	$2 \times 10^{-1}$
<b>Cd</b>	$5 \times 10^{-4}$
<b>Pb</b>	NENES
<b>Cu</b>	A-NMIT
<b>Cr</b>	$9 \times 10^{-4}$
<b>Hg</b>	NE
<b>Nitrato</b>	1,6

NEN: Não existe nível de exposição seguro, A-NMIT: Avaliado por níveis máximos de ingestão tolerável, NE: Não estabelecido.

FONTE: EPA (2025)

Por fim, foi determinado o Índice de Perigo Total (THI), visando avaliar o risco cumulativo à saúde decorrente da exposição simultânea a múltiplos metais, conforme a equação 3:

$$THI = \sum HQ_i \quad \text{Eq. (3)}$$

Com base em cada um desses dados foram elaboradas as tabelas no Excel® (versão 2509) e os gráficos de barras, enquanto os gráficos do tipo boxplot foram desenvolvidos no R (versão 4.5.1), para observar e avaliar o risco que a presença de cada metal e do nitrato na água potável exerce sobre a população.

#### 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nas análises realizadas a partir da plataforma SISAGUA, referentes à presença de substância inorgânicas na cidade de Cascavel, constatou-se que em 41 pontos de coleta foram detectados metais e nitrato. A Tabela 4 apresenta a localização dos pontos (equivalente à localização apresentada na figura 2), os elementos identificados, os períodos de avaliação e as respectivas concentrações.

Comparando esses resultados com os da Tabela 1, observa-se que, de modo geral, as concentrações de metais e de nitrato ficaram abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, pela OMS e pela UE. Contudo, há divergências entre as normas: no caso do Sb, a OMS apresenta um limite mais permissivo (0,02 mg/L) do que o Brasil e a UE (0,005 mg/L). Para o Ba, a UE não tem especificado um valor, enquanto a OMS estipula 1,3 mg/L e o Brasil 0,7 mg/L.

Caso contrário sucede com o Cd, uma vez que a OMS é mais restritiva (0,003 mg/L), em comparação à UE e ao Brasil (0,005 mg/L), no caso do Hg, Brasil e EU fixam limites menores (0,001 mg/L) do que a OMS (0,006 mg/L). Por outro lado, para As, Pb, Cu, e Cr, os três referenciais coincidem (0,01, 0,01, 2, 0,05 mg/L respectivamente). Finalmente, no caso do nitrato, o valor da UE é mais permissivo (50 mg/L) que a legislação brasileira e a OMS (10 mg/L).

Essas diferenças entre os valores de referência não são meramente técnicas; elas evidenciam a falta de uniformidade entre as entidades reguladoras, muitas vezes devido às diferenças econômicas de cada país. Além disso, os valores são muitas vezes altos, considerando que, no momento que foram estabelecidos, não se contava com metodologias e equipamentos tão sensíveis como os disponíveis atualmente (FRISBIE; MITCHELL, 2022).

Por isso, o ideal seria estabelecer valores que sejam mais adequados aos problemas ambientais do presente, além de buscar uma uniformidade global dos valores de referência. Considerando essas diferenças normativas, torna-se necessário avaliar os riscos potenciais à saúde por meio de indicadores como CDI, HQ e THI, os quais contemplem o risco verdadeiro da ingestão destas substâncias. Assim, os dados da tabela 4 foram implementados para calcular o CDI de cada um dos metais e nitrato presentes nas amostras de água potável, bem como o HQ e a somatória no THI.

TABELA 4– Dados das localizações e concentrações achadas na plataforma SISAGUA

L	Ano	M	Sb (mg/L)	As (mg/L)	Ba (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)	Cr (mg/L)	Hg (mg/L)	Nitrato (mg/L)
1	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,1
2	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,1
3	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,1
4	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,1
5	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,1

<b>6</b>	2015	9	-	0,007	-	-	-	-	-	0,0005	2,39
<b>7</b>	2015	9	-	-	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,1
<b>8</b>	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,29
<b>9</b>	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,23
<b>10</b>	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,69
<b>11</b>	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,1
<b>12</b>	2015	9	-	0,007	-	-	-	0,02	-	0,0005	0,1
<b>13</b>	2015	11	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,62
<b>14</b>	2015	11	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,1
<b>15</b>	2015	11	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,1
<b>16</b>	2015	11	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,63
<b>17</b>	2015	11	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,64
<b>18</b>	2015	11	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,64
<b>19</b>	2015	11	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,62
<b>20</b>	2015	11	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,63
<b>21</b>	2019	7	<u>0,003</u>	<u>0,001</u>	<u>0,002</u>	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>	<u>0,006</u>	<u>0,007</u>	<u>0,0001</u>	<u>0,3</u>
<b>22</b>	2019	7	-	-	-	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>	<u>0,006</u>	-	<u>0,0003</u>	<u>2,22</u>
<b>23</b>	2019	7	-	-	-	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>	<u>0,006</u>	<u>0,007</u>	<u>0,0003</u>	<u>0,3</u>
<b>24</b>	2019	7	-	-	-	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>	<u>0,006</u>	<u>0,007</u>	<u>0,0003</u>	<u>1,99</u>
<b>25</b>	2019	7	-	-	-	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>	<u>0,006</u>	<u>0,007</u>	<u>0,0003</u>	<u>0,3</u>
<b>26</b>	2019	7	-	-	-	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>	<u>0,006</u>	<u>0,007</u>	<u>0,0003</u>	<u>0,3</u>
<b>27</b>	2019	8	<u>0,003</u>	<u>0,001</u>	<u>0,002</u>	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>	<u>0,006</u>	<u>0,007</u>	<u>0,0001</u>	<u>0,3</u>
<b>28</b>	2019	10	-	-	-	0,001	0,005	0,006	0,007	0,0003	0,49
<b>29</b>	2019	10	-	-	-	0,001	0,005	0,006	0,007	0,0003	1,66
<b>30</b>	2019	10	-	-	-	0,001	0,005	0,006	0,007	0,0003	1,54
<b>31</b>	2019	10	-	-	-	0,001	0,005	0,006	0,007	0,0003	1,91
<b>32</b>	2019	10	-	-	-	0,001	0,005	0,006	0,007	0,0003	0,8
<b>33</b>	2019	10	-	-	-	0,001	0,005	0,006	0,007	0,0003	1,45
<b>34</b>	2019	10	-	-	-	0,001	0,005	0,006	0,007	0,0003	1,3
<b>35</b>	2019	10	-	-	-	0,001	0,005	0,006	0,007	0,0003	0,3
<b>36</b>	2020	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,67
<b>37</b>	2020	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,21
<b>38</b>	2020	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30
<b>39</b>	2020	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95
<b>40</b>	2020	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47
<b>41</b>	2020	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,97

L: localização; M: mês; os dados sublinhados são valores inferiores ao LQ.

FONTE: SISAGUA (2025)

Entretanto, ao realizar o cálculo do HQ, algumas limitações foram encontradas devido à ausência de valores de RfD para o Pb, Cu e Hg. No caso do Pb, por exemplo, não existe um limiar seguro de ingestão, uma vez que há evidências de que mesmo concentrações muito baixas podem causar atraso no desenvolvimento físico e mental de crianças, além de problemas renais e de pressão arterial em adultos (IRIS, 2004; EPA, 2024). Para o Hg, ainda não há avaliação pelo

IRIS, mas existem dados que indicam danos ao sistema nervoso e renal (IRIS, 1995; EPA, 2024).

Situação semelhante ocorre com o Cu, que, apesar de ser um nutriente essencial usado na função cerebral (regulação de neurotransmissores), nos tecidos moles, nos ossos (sínteses de colágeno) e no metabolismo de nutrientes (TOR et al., 2018), não é avaliado por meio do RfD, mas sim por Níveis Máximos de Ingesta Tolerável (ULs por sus siglas em inglês) (NIH, 2022). Assim, não foram avaliados os valores de HQ para estes metais, nem foram tomados em consideração nas análises do THI, mas se foram calculados os CDI e a discussão sobre os efeitos da presença destes metais na água e uma análise sobre a presença deles nas localizações com maior risco para a saúde.

#### 4.1 ANTIMÔNIO

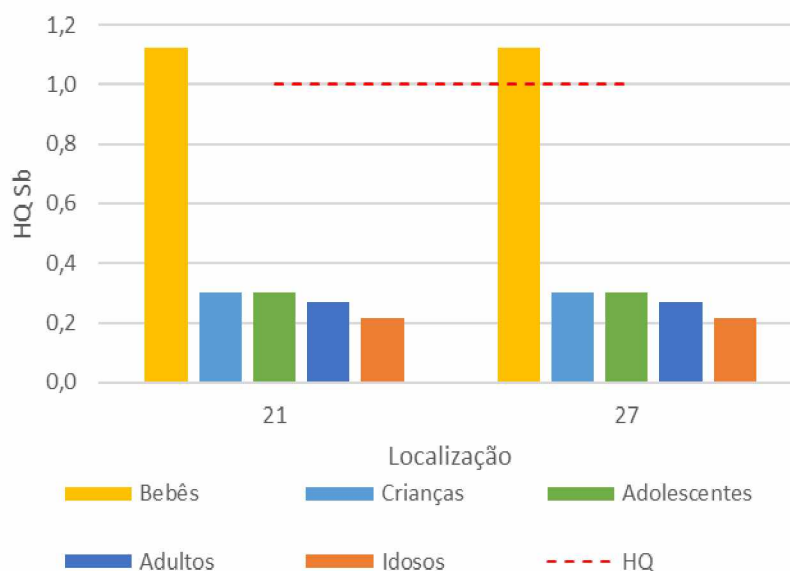
Como foi destacado, os valores achados estiveram por embaixo dos níveis estabelecidos, porém, quando realizamos a comparação do valor do CDI por cada faixa etária (Tabela 5) com o valor de RfD ( $4 \times 10^{-4}$  mg/kg/dia) da EPA, no caso dos bebês este valor está acima do estabelecido, o qual foi logo constatado ao avaliar o HQ (Figura 3), onde se evidencia que a faixa etária dos bebês está por acima de 1, estabelecendo um risco não carcinogênico para a saúde dos bebês, enquanto as demais faixas etárias apresentam riscos dentro dos limites aceitáveis ( $HQ < 1,0$ ).

TABELA 5 – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Sb por faixa etária

L	CDI Sb				
	Bebês	Crianças	Adolescentes	Adultos	Idosos
21	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
27	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

L: localização.

FIGURA 3 – Quociente de Perigo do SB por faixa etária



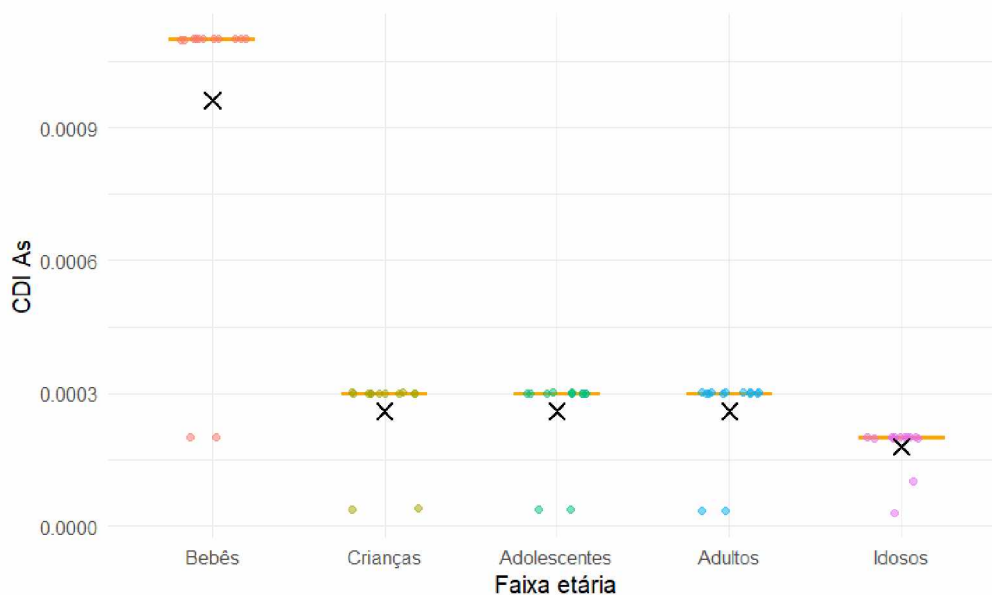
O gráfico ilustra os valores de quociente de perigo (HQ) para Sb em cada ponto de amostragem (localização) por faixa etária. A linha tracejada vermelha delimita o valor de referência (HQ=1), qualquer barra que ultrapasse essa linha representa um risco potencial não carcinogênico para a saúde. Destaca-se que apenas na faixa dos bebês a exposição ao Sb excede o limite de segurança, representando um risco potencial não carcinogênico à saúde.

O Sb é um metaloide, assim como o As, e pertence ao grupo 15 da tabela periódica, sendo amplamente usado em materiais, medicamentos e retardantes de fogo, revestimento de equipamentos eletrônicos, semicondutores (LAI et al., 2022; HUANG et al., 2015). O Sb está presente naturalmente na crosta terrestre, em níveis cerca de 0,2-0,3 mg/kg, porém, uma das principais fontes de contaminação se dá nos lixiviados da mineração (NIH, 2019; GAN et al., 2023). Também se podem dar exposições ocupacionais de Sb em fundições, usinas a carvão e incineradores de lixo que processam ou liberam Sb, atividades de reciclagem (NIH, 2019; HUANG et al., 2015). O Sb presente no ambiente pode entrar no corpo humano através do trato respiratório, contato com a pele, água e cadeia alimentar, podendo causar em altos níveis intoxicação (ZHANG et al., 2021), afetação dos processos bioquímicos (como a expressão gênica e a secreção hormonal), inibe a atividade enzimática, até câncer (LAI et al., 2022).

## 4.2 ARSÊNIO

No caso do As, a figura 4 demonstra que, nas faixas etárias dos bebês, crianças e idosos, a mediana dos valores de CDI encontra-se elevada, embora haja alguns registros em valores inferiores. Entre os bebês, em especial, a distribuição dos dados evidência um risco significativo à saúde, o que se confirma na figura 5, referente aos valores de HQs.

FIGURA 4 – Valor de Ingesta Diária Crônica para o As por faixa etária



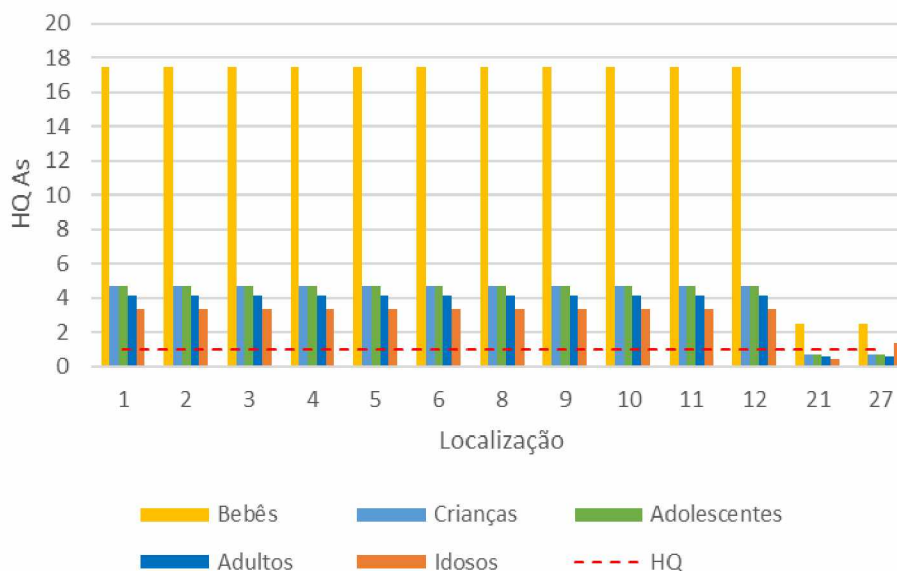
O gráfico tipo boxplot mostra a variação dos valores de CDI para o As em diferentes faixas etárias. Cada ponto representa um dado individual, a barra colorida indica a mediana, o símbolo "x" representa a média dos dados e os pontos isolados correspondem a valores atípicos.

Observa-se ainda que, em 13 das localidades analisadas, a presença de As apresentou valores de HQ superiores a 1 em todas as faixas etárias. As exceções foram os pontos 21 e 27, onde os valores mais altos foram só para Bebês no ponto 21 e Bebês e Idosos no ponto 27. Assim, em todas as faixas etárias avaliadas nas localidades onde o As foi detectado, constatou-se um risco elevado para a saúde, principalmente no caso dos bebês, que por seu peso corporal, aumenta o rango de exposição e ao não terem um sistema ainda bem desenvolvido, é maior o risco para a saúde.

As é um elemento de origem tanto natural quanto antropogênico, amplamente transportado no meio ambiente, principalmente pela água, sendo encontrado em oceanos, lagos, rios, solo e no ar (WHO, 2022). Sua mobilização ocorre por meio de uma combinação de processos naturais, incluindo reações de meteorização,

processos biológicos e emissões vulcânicas; bem como por atividades antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis, a mineração, uso de AGTs, conservante de madeira e aditivo em rações animais (GENCHI et al., 2022). Embora o uso de AGTs e herbicidas arsenicais tenha diminuído significativamente, os conservantes de madeira ainda são comuns (VÁZQUEZ, 2023; IARC, 2012).

FIGURA 5 – Quociente de Perigo do As por faixa etária



O gráfico ilustra os HQs para o As em cada localização por faixa etária. Os valores acima da linha tracejada vermelha (HQ=1) representam um potencial risco não carcinogênico à saúde. Nota-se que em cada uma das localizações apresentaram um risco para pelo menos uma faixa etária, apresentando um maior risco na faixa dos Bebês.

O As inorgânico é um carcinógeno humano reconhecido, classificado pela IARC (Agência Internacional para a Investigação sobre o Câncer), no grupo 1, reservado a compostos com evidência suficiente de carcinogenicidade em humanos (IARC, 2012). Na forma solúvel, apresenta elevada toxicidade, e a ingestão prolongada pode levar à intoxicação crônica (arsenicose) (WHO, 2019). Os efeitos tóxicos do As durante os estágios iniciais da vida se tornam um importante fator de risco para o desenvolvimento de déficits neurológicos e cognitivos (VÁZQUEZ, 2023). Além disso, a OMS (WHO, 2022) destacou que a presença de As na água potável não somente causa câncer de pele, mas também está associada a câncer de bexiga, pulmão e rins.

### 4.3 BÁRIO

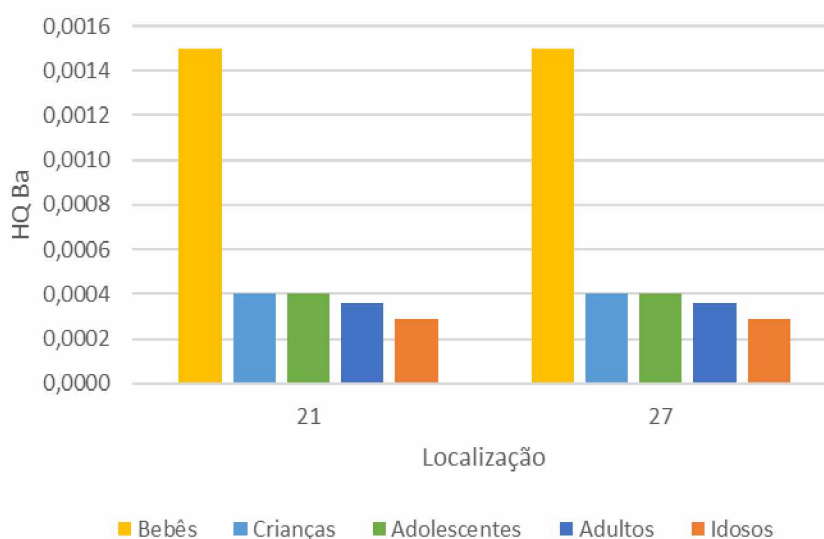
No caso do Ba, O valor de CDI (Tabela 6) e HQ (Figura 6) os valores não foram altos, no caso da faixa etária dos bebês, apresentam valores mais altos que as demais, mas sem superar o umbral de 1, pelo que indica um risco não carcinogênico para as diferentes faixas etárias aceitáveis.

TABELA 6– Valor de Ingesta Diária Crônica para o Ba por faixa etária

CDI Ba					
L	Bebês	Crianças	Adolescentes	Adultos	Idosos
21	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
27	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

L: localização.

FIGURA 6 – Quociente de Perigo do Ba por faixa etária



O gráfico representa os valores de HQs para Ba nas localizações 21 e 27, discriminados por faixa etária. Observa-se que todos os valores de HQ são significativamente inferiores ao valor de referência ( $HQ < 1,0$ ), indicando um risco não carcinogênico aceitável para todas as faixas etárias.

O Ba é um metal alcalino-terroso cuja abundância natural o coloca como o 14º elemento mais comum na crosta terrestre, com cerca de 500 ppm (PEANA et al., 2021). É amplamente usado nas indústrias, como fluidos de perfuração de petróleo e gás, vidro, tinta, borracha, fogos de artifício e produção de AGTs (ZENG et al., 2022).

As espécies solúveis são frequentemente consideradas prejudiciais, a ingestão alimentar de Ba, particularmente na forma de carbonato, é a causa mais

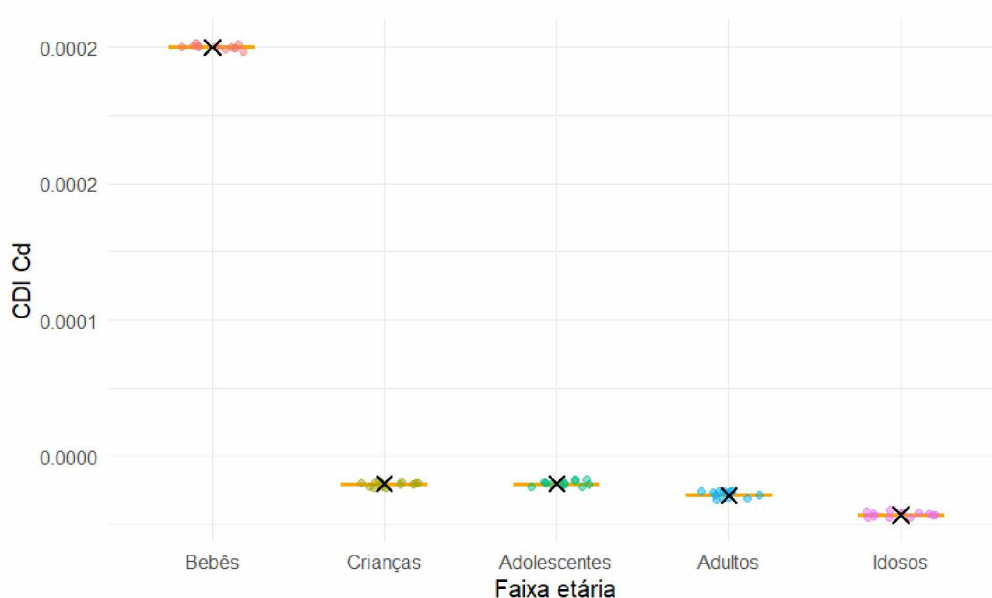
frequente de intoxicação, ao ser facilmente dissolvido no ambiente e no ácido do estômago, o torna um potente veneno (PEANA et al., 2021).

Porém, no estudo de Poddalgoda et al. (2017), analisaram a presença de Ba na urina dos dados do NHANES III (estudo que fez o monitoramento da saúde e nutrição da população do EEUU por meio de amostras de urina, durante vários anos), nele acharam níveis por embaixo do valor de RfD (0,2 mg Ba/kg pc/d), o que indica que não atinge um nível de risco para a saúde, assim como os dados do presente estudo.

#### 4.4 CADMIO

O Cd na análise do CDI (Figura 7), não apresento variações como os metais anteriores, não foram obtidos valores muito altos, com exceção dos bebês que visualmente está mais alto que as demais faixas etárias, porém, em níveis embaixo do valor de referência (HQ<1,0) (Figura 8), pelo que estão em valores aceitáveis de risco.

FIGURA 7 – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Cd por faixa etária

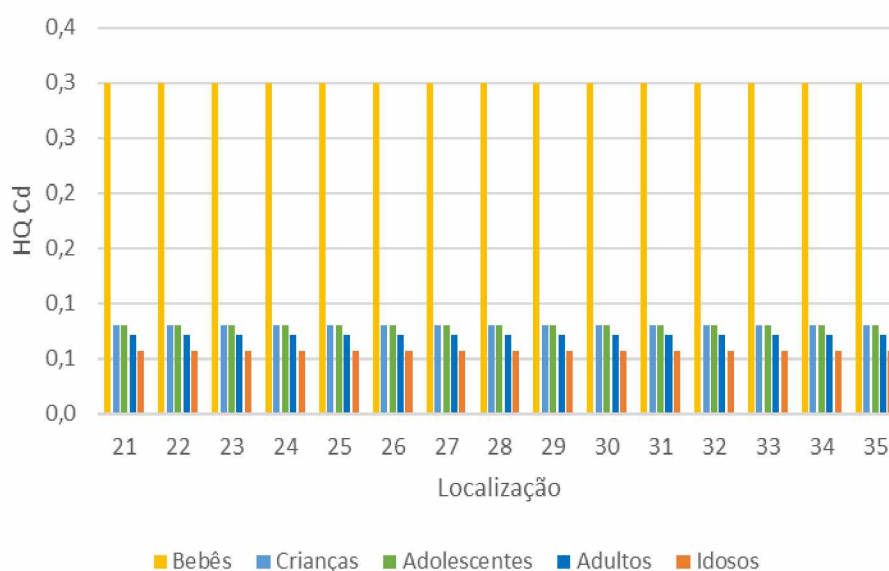


O gráfico ilustra a variação dos valores de CDI para o Cd em diferentes faixas etárias. Cada ponto representa um dado individual, a barra colorida indica a mediana e o símbolo "x" representa a média dos dados.

O Cd está presente no meio ambiente em níveis naturalmente baixos; no entanto, a atividade humana aumentou significativamente as concentrações, apresentando riscos potenciais, especialmente para crianças, que podem se expor

por meio do descarte inadequado de resíduos eletrônicos e elétricos, bem como pelo uso de brinquedos, joias e plásticos que contêm Cd (WHO, 2025). Esse metal é amplamente utilizado na fabricação de baterias, tintas, plásticos e em processos de galvanoplastia, sendo liberado na atmosfera durante a produção de metais, a combustão de combustíveis fósseis, e também por fertilizantes fosfatados e lodos de esgoto (PNUMA, 2025).

FIGURA 8 – Quociente de Perigo do Cd por faixa etária



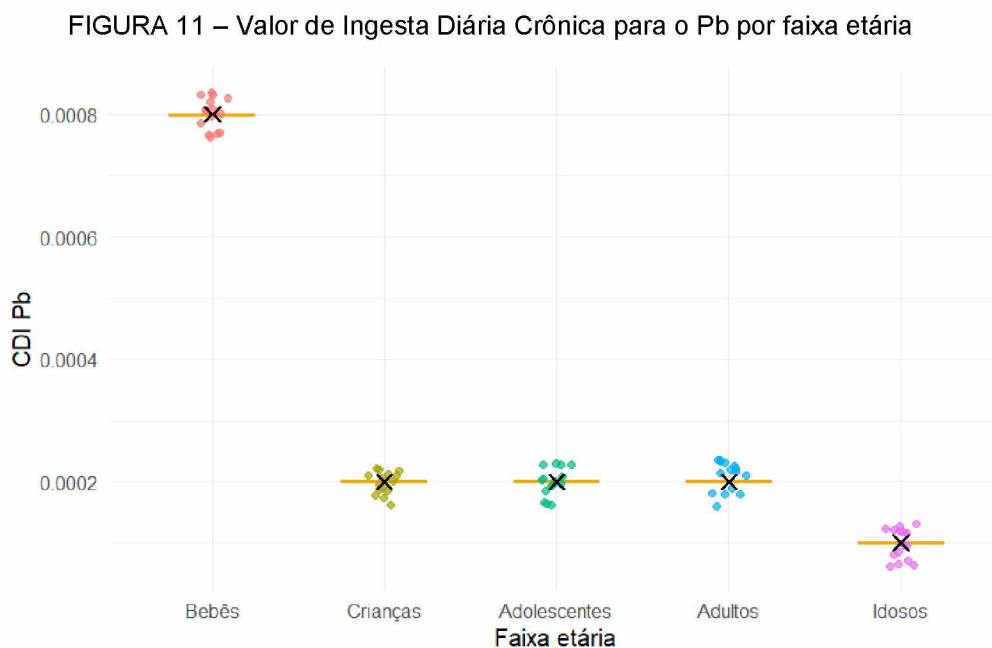
Representação gráfica dos valores de HQs para Cd por localização e faixa etária. Todos os valores de HQ são significativamente inferiores ao valor de referência ( $HQ < 1,0$ ), indicando um risco não carcinogênico aceitável para as diferentes faixas etárias.

Os alimentos constituem a principal fonte de exposição ambiental ao Cd para não fumantes, estando presente em maiores concentrações nos rins e no fígado de mamíferos, a exposição por meio da água potável é relativamente insignificante em comparação com os alimentos (WHO, 2019). Devido à sua longa meia-vida biológica que varia de 16 até 30 anos, o Cd tende a se acumular no organismo, podendo estar relacionado a doenças pulmonares (como enfisema, asma e bronquite) e à hipertensão, em razão do envenenamento crônico (CHARKIEWICZ et al., 2023).

#### 4.5 CHUMBO

No caso do Pb, também não apresentou variações nos dados do CDI (Figura 11), em cada faixa etária se manteve nos mesmos níveis. Cabe destacar que

embora não tenha sido analisado o HQ, pode-se evidenciar que de 41 pontos de amostras, 15 tiveram a presença de Pb (Tabela 4), sendo 36% das amostras.



Representação gráfica do CDI de Pb por faixa etária. Cada ponto representa um dado individual, a barra colorida indica a mediana e o símbolo “x” representa a média dos dados.

O Pb é um metal pesado natural presente na crosta terrestre, sendo parcialmente liberado no meio ambiente por meio de processos geofísicos, como o intemperismo de rochas e a atividade vulcânica (WHO, 2021). No entanto, as atividades humanas ampliaram significativamente sua dispersão, especialmente em razão de seu amplo uso na fabricação de baterias, na construção civil, em plásticos e soldaduras. Além disso, uma importante fonte de exposição é representado por tintas antigas que continham Pb e foram utilizadas em residências e brinquedos (CDC, 2007; CDC 2022).

Uma vez absorvido, o chumbo liga-se inicialmente a eritrócitos no sangue sendo distribuído aos tecidos moles e aos ossos, durante a gravidez, a concentração de chumbo no sangue aumenta devido ao aumento da reabsorção óssea materna para atender às necessidades de cálcio do esqueleto fetal em desenvolvimento (WHO, 2021).

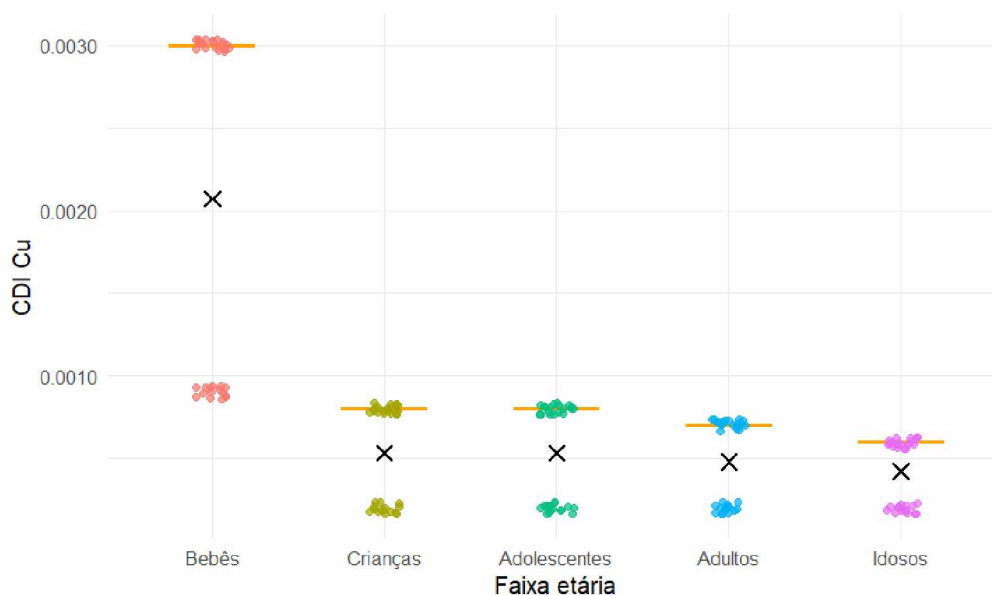
As crianças pequenas absorvem de 4 a 5 vezes mais chumbo do que os adultos; menores de 5 anos e gestantes são os grupos mais vulneráveis aos efeitos neurotóxicos do chumbo, e mesmo níveis relativamente baixos de exposição podem

causar danos neurológicos graves e, em alguns casos, irreversíveis (WHO, 2023). O risco é maior nas crianças devido à maior absorção e à imaturidade fisiológica. Além disso, a ingestão por unidade de peso corporal é superior à dos adultos (WHO, 2025).

#### 4.6 COBRE

O Cu é um oligoelemento essencial requerido por praticamente todos os organismos, desde bactérias até humanos. Na análise do CDI podemos observar que apresento uma maior variabilidade que outros metais (Figura 12), apresentando valores mais altos para a faixa etária dos bebês em comparação com a demais faixas. Tal como o Chumbo, não foi possível realizar a análise de HQ, mas pode-se destacar que das 41 amostras, 34 apresentaram concentrações de Cu, sendo 83% dos pontos.

FIGURA 12 – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Cu por faixa etária



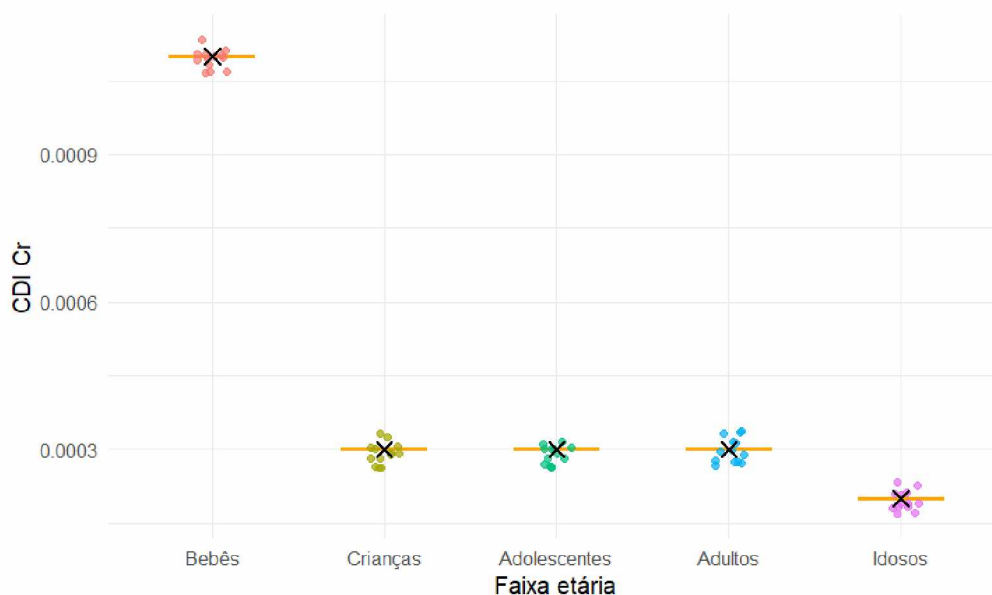
O gráfico representa os valores de CDI do Cu por faixa etária, cada ponto representa um dado individual, a barra colorida indica a mediana e o símbolo "x" representa a média dos dados.

O Cu desempenha um papel importante na respiração mitocondrial, defesa antioxidante, regulação do crescimento celular e síntese de hormônios e neurotransmissores (GENCHI et al., 2025). Embora seja um micronutriente essencial para o homem, o Cu é tóxico em níveis elevados, uma sobrecarga desse metal leva facilmente as reações redox do tipo Fenton, resultando em danos oxidativos e morte celular (BOST et al., 2016).

#### 4.7 CROMO

A avaliação do Cr demonstrou que, assim como o Cd, não houve variações significativas nos valores do CDI entre as faixas etárias (Figura 9). Contudo, é notável que a faixa etária dos Bebês apresentou os valores mais elevados de CDI.

FIGURA 9 – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Cr por faixa etária

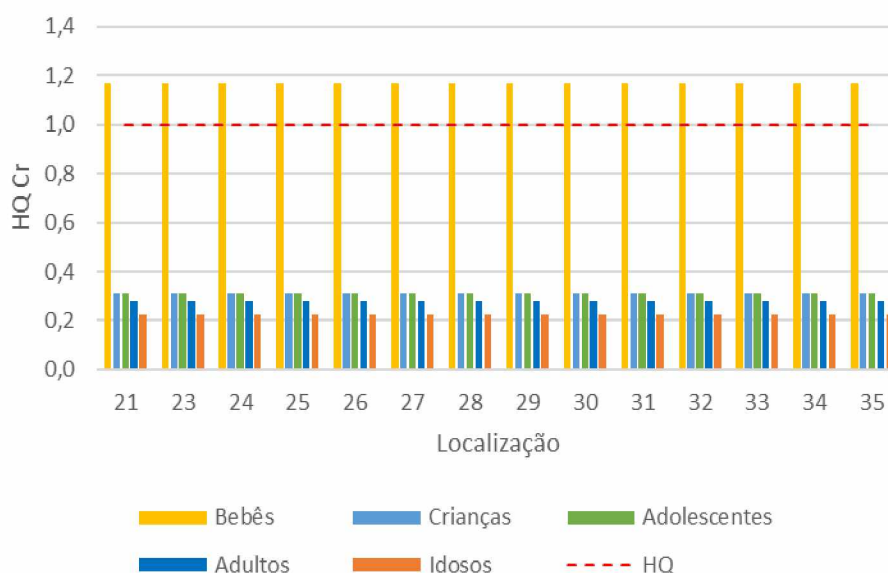


O gráfico exibe a distribuição da CDI para o Cr por faixa etária. Cada ponto representa um dado individual, a barra colorida indica a mediana, o símbolo “x” representa a média dos dados e os pontos isolados correspondem a valores atípicos.

A análise do HQ (Figura 10) corrobora o achado na Figura 9 em todas as localizações de amostragem, e o HQ para os Bebês ultrapassa o valor de referência (HQ=1), resultado que evidencia um potencial risco não carcinogênico à saúde pela exposição ao Cr.

O Cr é encontrado naturalmente em rochas, plantas, solo, poeira vulcânica e animais (OMS, 2022). O Cr III é um elemento essencial da dieta humana encontrado em muitos vegetais, frutas, carnes, grãos e leveduras, o Cr VI ocorre naturalmente no meio ambiente a partir da erosão de depósitos naturais de cromo, mas também pode ser produzido por processos industriais (EPA, 2025). Compostos que contém Cr VI são mutagênicos e carcinogênicos quando inalados e potencialmente ingeridos oralmente em abundância (VINCENT; LUKASKI, 2018).

FIGURA 10 – Quociente de Perigo do Cr por faixa etária



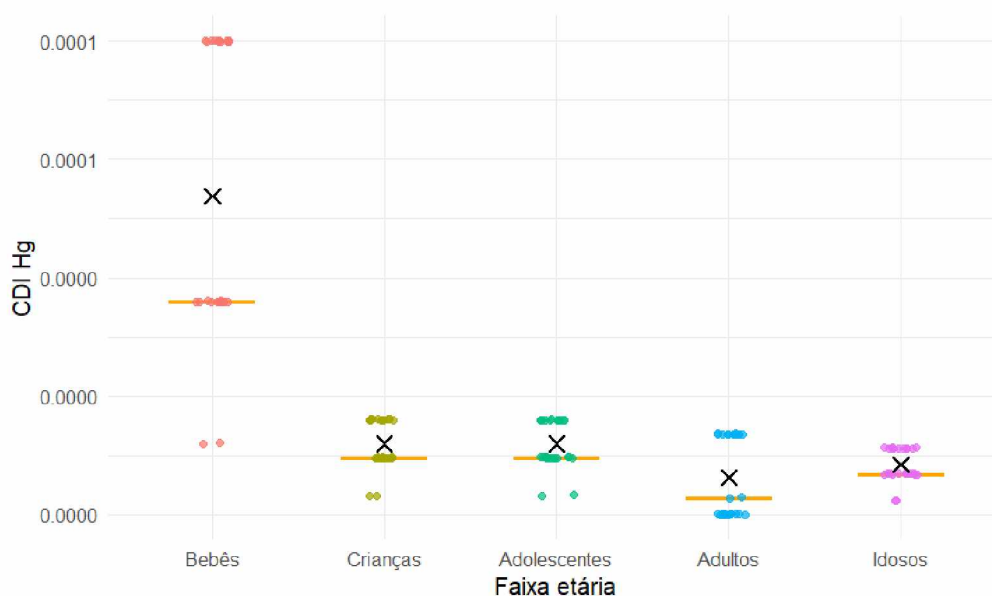
O gráfico ilustra os valores de HQs para Cr em cada localização por faixa etária. Pode-se observar que em todas as localizações a faixa etária dos Bebês ultrapassa o valor de referência (HQ=1), representando um risco potencial não carcinogênico à saúde.

Têm sido amplamente utilizado em processos industriais e comerciais, incluindo galvanoplastia, acabamentos de metais, curtimento de couro, processamento de minérios, refino de petróleo, fabricação têxtil, preservação de madeira, entre outros (THACHER et al., 2015). O Cr é considerado um dos metais pesados mais tóxicos encontrados de maneira natural e amplamente utilizado em processos industriais (PRASAD et al., 2021). Pode chegar a causar a síndrome metabólica, onde aumentam o risco da doença coronária, diabetes, derrame e outros (NIH, 2022).

#### 4.8 MERCÚRIO

A CDI para o Hg demonstrou uma maior dispersão dos dados, especialmente para a faixa etária dos Bebês, que também apresentou os valores médios mais elevados em comparação com as demais faixas (Figura 13). Tal ocorrência é relevante, visto que o Hg foi detectado em 27 das 41 amostras totais, correspondendo a aproximadamente 65% das localizações (Tabela 4), o que indica uma ampla presença desse contaminante na área de estudo.

FIGURA 13 – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Hg por faixa etária



O gráfico exibe a distribuição da CDI para o Hg por faixa etária. Cada ponto representa um dado individual, a barra colorida indica a mediana, o símbolo "x" representa a média dos dados e os pontos isolados correspondem a valores atípicos.

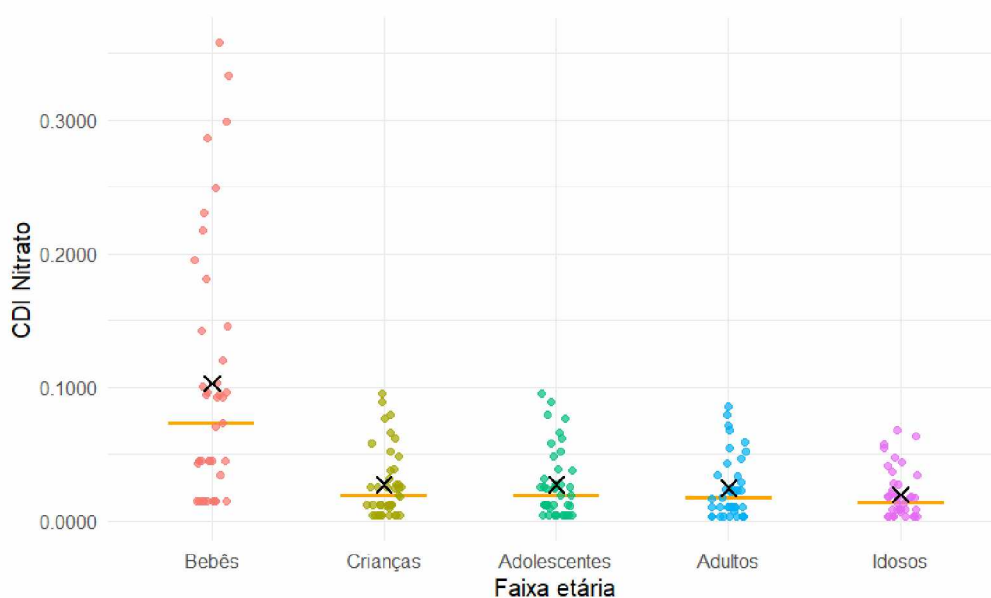
O Hg é um elemento natural presente na crosta terrestre e liberado ao meio ambiente por processos como erupções vulcânicas, intemperismo de rochas e incêndios florestais (USGS, 2018). Contudo, as atividades antrópicas, em especial a queima de carvão, mineração de ouro artesanal e industrial, além de processos industriais, são as principais fontes de emissão de mercúrio para o ar, solo e água (WHO, 2005).

Uma vez no ambiente aquático, o Hg é convertível em metilmercúrio por ação microbiana, a forma mais tóxica e bioacumulável, que se concentra na cadeia alimentar aquática (RICE et al., 2019). A exposição humana ocorre predominantemente pelo consumo de peixes e frutos-do-mar contaminados, sendo que populações ribeirinhas e comunidades que dependem desses alimentos estão sobre maior risco. Crianças e gestantes constituem os grupos mais vulneráveis, já que o metilmercúrio atravessa facilmente a placenta e a barreira hematoencefálica, podendo causar déficits cognitivos, motores e neurológicos irreversíveis no desenvolvimento infantil (WHO, 2005; RICE et al., 2019).

#### 4.9 NITRATO

Finalmente, na análise do Nitrato, por ser um composto fortemente associado às atividades antrópicas, foi detectado em 100% dos pontos avaliados. Em relação à CDI, a média dos dados se manteve em valores relativamente baixos para todas as faixas etárias (Figura 14). No entanto, a distribuição é marcada pela presença de alguns valores atípicos, especialmente notáveis na faixa de Bebês, os quais resultam em valores mais altos para essa faixa etária, seguindo o padrão observado nos metais analisados.

FIGURA 14 – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Nitrato por faixa etária



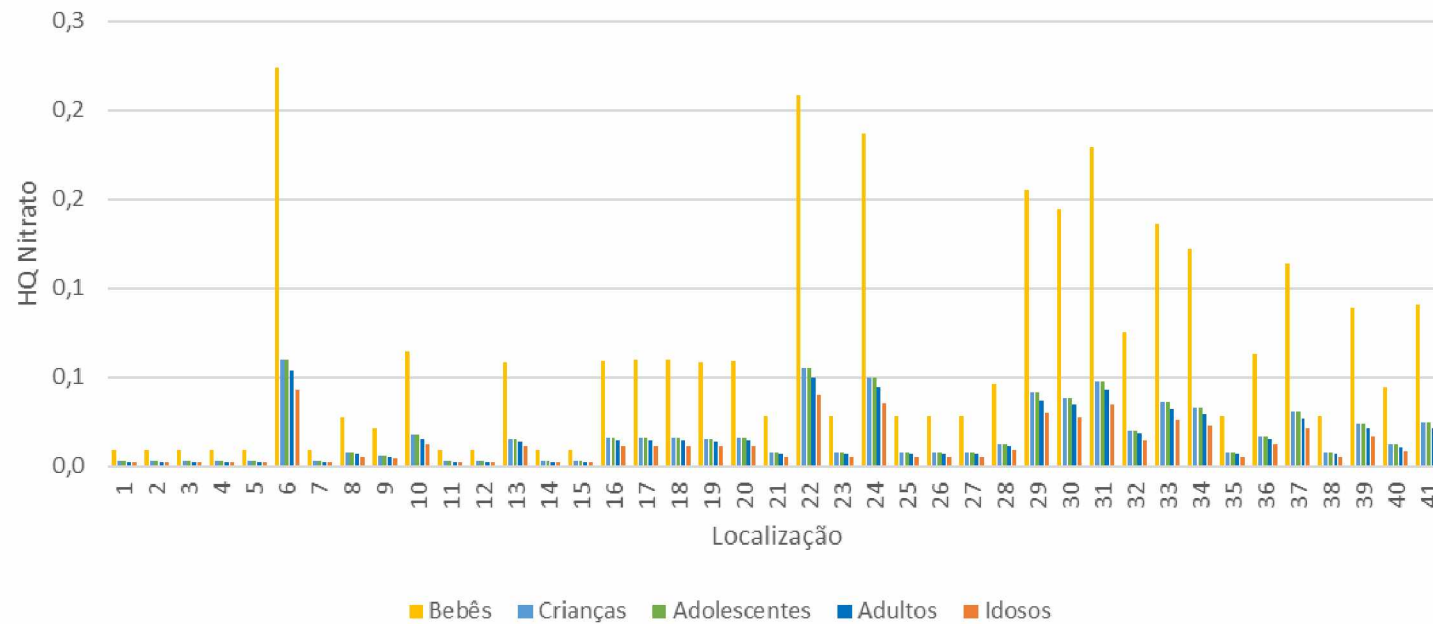
Cada ponto representa um dado individual, a barra colorida indica a mediana, o símbolo “x” representa a média dos dados e os pontos isolados correspondem a valores atípicos.

Na análise do HQ, a Figura 15 confirma que nenhum dos valores ultrapassou o limite de referência, indicando um risco não carcinogênico aceitável. Cabe destacar que a poluição das fontes de água, na maioria, é devido ao uso em larga escala de AGTs, que frequentemente resulta na contaminação da água potável por nitrato e nitrito (PATEL et al., 2022).

Os efeitos do aumento dos níveis de nitrito e nitrato na água potável sobre a saúde humana ainda não estão totalmente esclarecidos. O limite regulatório para nitrato em fontes públicas de água potável foi estabelecido para proteger contra a metemoglobinemia infantil, mas outros efeitos à saúde não foram considerados

(WARD et al., 2018). Ainda assim, existem estudos como o de Picetti et al. (2022) no qual identificaram uma associação da presença de nitrato em água potável, com a incidência de doenças gástricas, pelo que devem de realizar-se novos estudos e legislações, que se adaptem às atividades atuais, com o fim de preservar a saúde.

FIGURA 15 – Quociente de Perigo do Nitrato por faixa etária



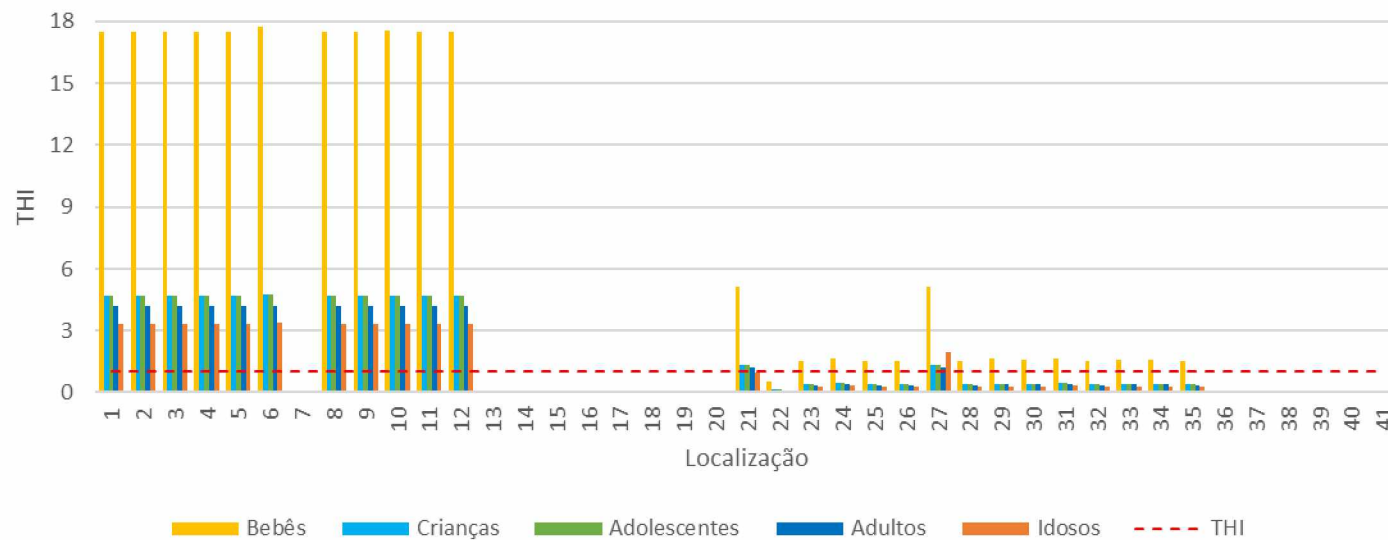
O gráfico apresenta os valores de HQs para Nitrato por localização e faixa etária. Todos os valores de HQ são significativamente inferiores ao valor de referência (HQ<1.0), indicando um risco não carcinogênico aceitável para as diferentes faixas etárias.

Em resumo, enquanto à ordem de risco não carcinogênico HQ dos metais avaliados, a sequência foi: As > Cr > Sb > Cd > Ba. Embora metais como Pb, Cu e Hg não tenham sido incluídos na análise de HQ por ausência de valores de RfD, sua presença é igualmente preocupante.

#### 4.10 THI

Na figura 16, são apresentados a somatória de cada um dos quocientes de perigos calculados, uma vez que cada um dos compostos é achado em conjunto e não individualmente. Pode-se evidenciar que dos 41 pontos, 11 são os que apresentam os índices de perigo mais altos, em especial para a faixa etária dos Bebês, enquanto 14 das localizações tem valores menores, mas ainda por acima de 1, o que também representam um risco não carcinogênico para a saúde.

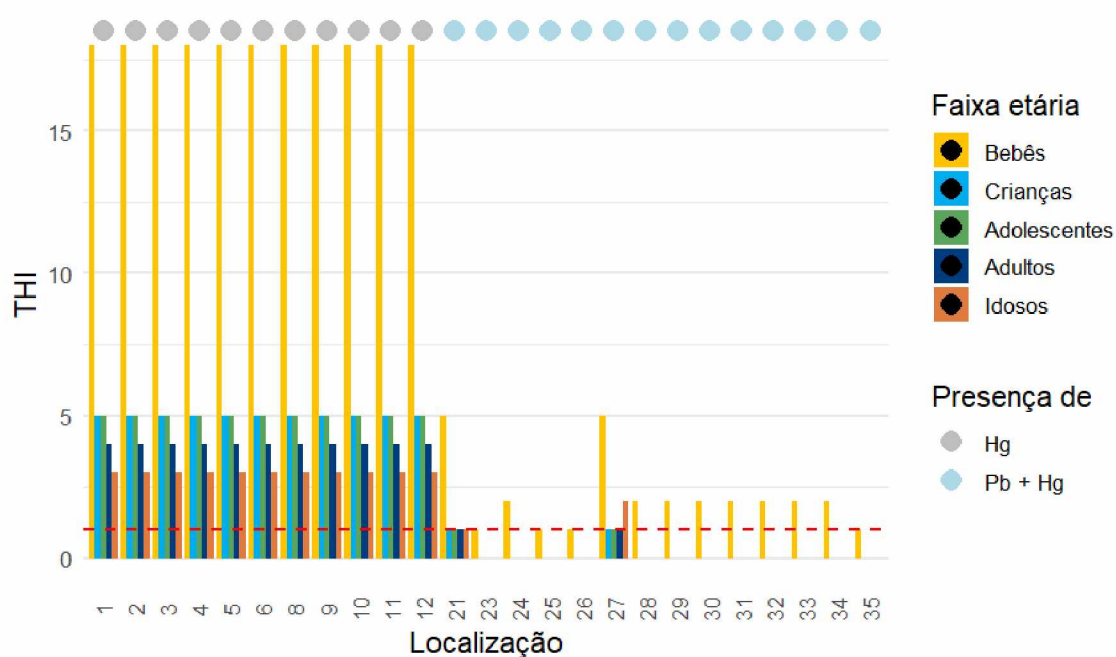
FIGURA 16 – Valores do Índice de Perigo Total



A linha tracejada indica o valor de referência igual a 1; valores acima desse limiar representam um potencial risco não carcinogênico à saúde.

Este cenário é altamente preocupante, dado que mais de 50% dos locais analisados apresentam valores de THI acima do limite de referência, indicando um risco potencial à saúde. Além disso, as localizações onde os valores de THI apresentaram pelo menos uma barra em alguma das faixas etárias igual ou superior a 1, tiveram também a presença de Pb e Hg ou os dois (Figura 17). O que aumenta o risco, uma vez que o Pb e o Hg, mesmo em concentrações reduzidas, são conhecidos por causar sérios danos à saúde.

FIGURA 17 – Valores significativos do Índice de Perigo Total com a presença de Pb e Hg



O gráfico exibe os THI por localização e faixa etária, considerando apenas os pontos onde os valores de THI foram iguais ou superiores a 1. A linha tracejada vermelha delimita o valor de referência (THI=1). Além disso, o gráfico indica a presença dos metais Pb e Hg em cada ponto, sendo a concorrência de Pb e Hg nas localizações 21, 23-35 um fator que potencializa o risco não carcinogênico.

Conforme detalhado na análise individual dos metais e o nitrato, a exposição a esses contaminantes pode gerar diversos efeitos adversos. Cabe destacar que a faixa etária mais vulnerável é a de os Bebês, uma vez que o risco é potencializado tanto pela possibilidade de transferência de substâncias de mãe para o filho quanto por estarem em pleno desenvolvimento, como por ser propensos a afetações cruzadas por contato e ingestão direta de objetos contaminados.

De forma similar aos achados no presente estudo, a investigação de Luízar et al. (2019), detectou concentrações elevadas de metais, como Pb, As, Cu, Cr, Hg, Se e V, na água do córrego São José, afluente da cidade de Cascavel. Nesses casos, os valores estavam acima dos recomendados pela legislação vigente. Os autores atribuíram essa contaminação a possíveis fontes antrópicas, principalmente por chorume não tratado, proveniente das lagoas do aterro sanitário do município e por AGTs.

Por outro lado, no estudo de Dutra e Ferreira (2017), foi implementado os Odds Ratios (OR) para demonstrar a associação entre a maior exposição a AGTs e as taxas de malformações congênitas nos nascidos vivos (1994-2014). Os autores analisaram os municípios com maior exposição no estado de Paraná (com dados de consumo de 2003 a 2014), sendo Cascavel um dos municípios com maior exposição e, conseqüentemente, com mais reportes de malformações congênitas.

Assim, as possíveis causas da contaminação de metais e nitrato, bem como os problemas à saúde, como doenças como malformações genéticas, pode estar diretamente relacionado aos resíduos gerados pelas atividades antrópicas, especialmente pelo uso de AGTs e lixiviados.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em conclusão, o presente estudo revela um cenário de saúde pública altamente relevante e complexo na cidade de Cascavel. Embora todos os valores encontrados para a presença de metais e nitrato nas diferentes localizações estivessem abaixo dos níveis máximos estabelecidos pela OMS, UE e pela legislação brasileira, a exposição crônica à água potável contendo esses elementos representa um risco não carcinogênico relevante para a saúde.

Isso se confirma pelo fato de que, em 25 dos 41 pontos analisados, os valores de HQ e THI foram superiores a 1. Diante disso, torna-se necessário estabelecer políticas públicas voltadas para a redução da presença desses compostos nas fontes de água, especialmente considerando que o município se destaca no comércio de AGTs, exigindo um controle mais rigoroso e fiscalização das atividades que geram lixiviados.

Observou-se ainda diferenças significativas nas normas de qualidade da água estabelecidas por diferentes órgãos reguladores, evidenciando a falta de uniformidade nos critérios, muitas vezes decorrente de desigualdades sociais e

econômicas. Essa situação dificulta a padronização e o controle da presença de xenobióticos, assim, é fundamental propor normas mais rigorosas e com limites atualizados, compatíveis com os problemas da atualidade.

Para que a avaliação da contaminação de água potável por metais e nitrato se torne mais abrangente, é importante ter em consideração as limitações do presente estudo. Embora tenha sido possível avaliar o risco que representa a presença de metais e nitrato na água potável, seria ideal ter uma série histórica de dados (ano a ano) das concentrações dos contaminantes, além de uma comparação dos resultados com outros municípios do Paraná, o que forneceria um contexto regional mais robusto.

Como perspectiva futura e forma de complemento ao presente trabalho, recomenda-se a expansão da avaliação de risco. Isso poderia incluir a análise do Índice de Risco de Câncer (CR) e a implementação da metodologia de Benchmark dose (BMD), ambas essenciais para um diagnóstico toxicológico e de saúde pública mais preciso e completo.

## REFERÊNCIAS

- ADAPAR, Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Gerência de Sanidade Ambiental, 2025. Disponível em: <https://www.adapar.pr.gov.br/Pagina/Agrotoxicos-no-Parana>
- AHMAD, W. et al. Toxic and heavy metals contamination assessment in soil and water to evaluate human health risk. Scientific reports-Nature, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94616-4>
- ALAM, I. et al. Health risk assessment in different age-group due to nitrate, fluoride, nitrite and geo-chemical parameters in drinking water in Ahmadpur East, Punjab, Pakistan. Human and Ecological Risk Assesments: An International Journal, v. 27, n. 7, p. 1747-1763, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10807039.2021.1902264>
- ARANTES, F. et al. Degradação fotocatalítica de atrazina na presença de catalisadores nanoparticulados. Química Nova v. 40, p. 36-41, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20160148>
- ARAUZO, M.; MARTÍNEZ, J. Environmental factors affecting diffuse nitrate pollution in the major aquifers of central Spain: groundwater vulnerability vs. groundwater

pollution. *Environmental Earth Sciences*, v. 73, p. 8271-8286, 2015. Disponible em: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3989-8>

ARAUZO, M.; VALLADOLID, M.; GARCÍA, G.; ANDRIES, D. N and P behaviour in alluvial aquifers and in the soil solution of their catchment areas: How land use and the physical environment contribute to diffuse pollution. *Science of the Total Environment*, v. 804, 2022. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150056>

ARAUZO, M.; VALLADOLID, M.; ANDRIES, D. Contaminación por nitrato en las aguas subterráneas de la Demarcación Hidrológica del Segura (España) y su particular incidencia en el área de captación del Mar Menor. *Estudios Geológicos*, 2024. Disponible em: <https://doi.org/10.3989/egeol.45105.1071>

BISHNU, P. et al. Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain. *Heliyon*, v. 10, 2024. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28357>

BOLAÑOS, J.; CORDERO, G.; SEGURA, G. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, v. 30, 2017. Disponible em: <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>

BOST, M. et al. Dietary copper and human health: Current evidence and unresolved issues. *Journal of trace Elements in medicine and Biology*, v. 35, 2016. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.02.006>

BRASIL, Ministério da Saúde. Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Ministério da Saúde, Brasília-DF, 2016. Disponible em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz\\_nacional\\_plano\\_amostragem\\_agua.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf)

CAMPOS, Marco Antonio Ramírez. El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermería La Vanguardia*. v. 6, n. 2, p. 40-47, 2018. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Disponible em: <https://doi.org/10.35563/revan.v6i2.210>

CDC, Centro para el control y la prevención de enfermedades. La toxicidade del Plomo. ATSDR, 2007. Disponible em: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es\\_pb-plomo.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pb-plomo.html)

CDC, Centro para el control y la prevención de enfermedades. Peligros del plomo en juguetes. CDC, 2022. Disponível em:

<https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/peligrosplomo/>

CESTORANO, L. et al. Biochemical, hematological and immunological parameters and relationship with occupational exposure to pesticides and metals. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s11356-020-09203-3>

CHARKIEWICZ, A. et al. Cadmium Toxicity and Health Effects—A Brief Summary. *Molecules*, 2023. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10537762/>

CORRÊA, C. et al. Prevalência de ingestão hídrica e fatores associados entre idosos não institucionalizados do Sul do Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 28, 2023.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232023287.14692022>

DEFARGE, N.; SPIROUX, J.; SÉRALINI, G. Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. *Toxicology Reports*, v.5, 2018.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.12.025>

DEZORZI, G.D. et al. Can waste and pesticides' discharge into the soil affect the water quality of a water resource in Southern Brazil?. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 197, 2025. Disponível em: [https://doi-](https://doi.org.ez350.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10661-025-13966-y)

[org.ez350.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10661-025-13966-y](https://doi.org.ez350.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10661-025-13966-y)

DUTRA, L.; FERREIRA, A. Associação entre malformações congênitas e a utilização de agrotóxicos em monoculturas no Paraná, Brasil. *Saúde em Debate*, Scielo Brasil, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042017S220>

EPA, Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume III-Part A, Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. United States Environmental Protection Agency, p. 35, 2001. Disponível em: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/134487.pdf>

EPA, Environmental Protection Agency. National Primary Drinking Water Regulations. United States Environmental Protection Agency, 2024. Disponível em:

<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations#one>

EPA, Environmental Protection Agency. IRIS Assessments. United States Environmental Protection Agency, 2025. Disponível em:

[https://iris.epa.gov/AtoZ/?list\\_type=alpha](https://iris.epa.gov/AtoZ/?list_type=alpha)

EPA, Environmental Protection Agency. Chromium in Drinking Water. EPA, 2025. Disponível em: <https://www.epa.gov/sdwa/chromium-drinking-water>

FHB, Fundación Heinrich Böll; AT, Amigos de la Tierra; PAN, Pesticide Action Network Europe. Atlas de los Pesticidas. Hechos y cifras sobre químicos tóxicos en nuestra agricultura. Creative Commons. Europa, v. 1, 2023. Disponível em: <https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2023/04/Atlas-pesticidas-Amigos-Tierra.pdf>.

FRISBIE, S.; MITCHELL, E. Arsenic in drinking water: An analysis of global drinking water regulations and recommendations for updates to protect public health. PLOS one, Research article, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263505>

GAN, Y. Antimony (Sb) pollution control by coagulation and membrane filtration in water/wastewater treatment: A comprehensive review. Journal of Hazardous Materials, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130072>

GENCHI, G. et al. Arsenic: A Review on a Great Health Issue Worldwide. Applied Sciences-MDPI, v. 12, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app12126184>

GENCHI, G. et al. Copper, cuproptosis, and neurodegenerative diseases. International Journal of Molecular Sciences, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms26189173>

GEO CASCAVEL. GeoCascavel: Sistema de Informações Geográficas do Município de Cascavel. Prefeitura Municipal de Cascavel, 2025. Disponível em: <https://geocascavel.cascavel.pr.gov.br/geo-view/index.ctm>

GILANI, Razia Alam; RAFIQUE, Mazhar; REHMAN, Abdul; MUNIS, Muhammad Farooq Hussain; REHMAN, Shafiq Ur; CHAUDHARY, Hassan Javed. Biodegradation of chlorpyrifos by bacterial genus Pseudomonas. Journal Of Basic Microbiology. v. 56, n. 2, p. 105-119, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jobm.201500336>

HUANG, Y. et al. Levels and risk factors of antimony contamination in human hair from an electronic waste recycling area, Guiyu, China. Environmental Science and Pollution Research, v. 22, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3941-1>

IARC, International Agency for Research on Cancer. Ingested Nitrate and Nitrite, and Cyanobacterial Peptide Toxins. Monographs on the evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, n. 94, 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK326541/>

IARC, International Agency for Research on Cancer. Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. World Health Organization, 2012. Disponível em: <https://publications.iarc.who.int/publications/media/download/6143/ef2dcba35d394362f6f5346d042bd48e5792ded3.pdf>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cascavel. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/cascavel/panorama>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022, principais resultados. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>

INCA - Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Nota pública acerca do posicionamento do instituto nacional de câncer sobre o projeto de Lei Nº 6.299/2002. 2018. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/nota-publica-inca-pl-6299-2002-11-de-maio-de-2018.pdf>

IRIS, Integrated Risk Information System. Mercury, elemental; CASRN 7439-97-6. EPA, 1995. Disponível em: [https://iris.epa.gov/static/pdfs/0370\\_summary.pdf](https://iris.epa.gov/static/pdfs/0370_summary.pdf)

IRIS, Integrated Risk Information System. Lead and compounds (inorganic); CASRN 7439-92-1. EPA, 2004. Disponível em: [https://iris.epa.gov/static/pdfs/0277\\_summary.pdf](https://iris.epa.gov/static/pdfs/0277_summary.pdf)

JAYASUMANA, C. et al. Phosphate fertilizer is a main source of arsenic in areas affected with chronic kidney disease of unknown etiology in Sri Lanka. Springer Plus, v. 90, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40064-015-0868-z>

LAI, Z. et al. Interactions of antimony with biomolecules and its effects on human health. Ecotoxicology of antimony with biomolecules and its effects on human health. v. 233, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113317>

LUÍZAR, P. et al. Elevadas concentrações de metais em águas do córrego são José, Cascavel (PR), e possíveis riscos à saúde. Saúde e Pesquisa Maringá (PR), 2019. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/saudpesq/article/view/6691/3378>

MATHEWSON, P. et al. Health and economic impact of nitrate pollution in drinking water: a Wisconsin case study. Environmental Monitoring and Assessment, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08652-0>

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html)

NAWAB, J. et al. Health risk associated with heavy metals via consumption of surface and groundwater in District Shangla, Pakistan. *Journal of Himalayan Earth Sciences*, v. 48, p. 62-73, 2015.

NIH, National Institutes of Health. Copper. Office of Dietary Supplements, 2022. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Copper-HealthProfessional/>

NIH, National Institutes of Health. Toxicological Profile for Antimony and Compounds. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK591409/>

NIH, National Institutes of Health. What is Metabolic Syndrome?. *Metabolic Syndrome*, 2022. Disponível em: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/metabolic-syndrome>

OCTAVIO-AGUILAR, P.; OLMOS-PALMA, D. A. Efectos sobre la salud del agua contaminada por metales pesados. *Herreriana*, v. 4, p. 43–47, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.29057/h.v4i1.8630>

OLIVEIRA, G.H. et al. Exposure to heavy metals due to pesticide use by vineyard farmers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, v. 88, p. 875-880, 2015. Disponível em: <https://doi.org.ez350.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00420-014-1010-1>

OMS, Organização Mundial da Saúde. Resíduos de plaguicidas en los alimentos. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>.

OMS, Organização Mundial da Saúde. Guidelines for Drinking-Water: Fourth Edition Incorporating the first and second ADDENDA, Nitrite and Nitrate. OMS, p. 438, 2022. Disponível em: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/water-safety-and-quality/chemical-fact-sheets-2022/nitrate-and-nitrite-fact-sheet-2022.pdf?sfvrsn=a65406e9\\_2&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/water-safety-and-quality/chemical-fact-sheets-2022/nitrate-and-nitrite-fact-sheet-2022.pdf?sfvrsn=a65406e9_2&download=true)

PAHO-Pan American Health Organization. Water and Sanitation. 2017. Disponível em: <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>

PATEL, N. et al. Nitrate contamination in water resources, human health risks and its remediation through adsorption: a focused review. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22377-2>

PEANA, M. et al. Environmental barium: potential exposure and health-hazards. Archives of Toxicology, v. 95, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00204-021-03049-5>

PICETTI, R. et al. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. Environmental Research, v. 210, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112988>

PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Cadmium. ONU, 2025. Disponível em: <https://www.unep.org/topics/chemicals-and-pollution-action/pollution-and-health/heavy-metals/cadmium>

PODDALGODA, D. et al. Development of biomonitoring equivalents for barium in urine and plasma for interpreting human biomonitoring data. Regulatory Toxicology and Pharmacology, v. 86, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.03.022>

PRASAD, S. et al. Chromium contamination and effect on environmental health and its remediation: A sustainable approach. Journal of Environmental Management, v. 285, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112174>

REZAEI, H. et al. Health-risk assessment related to the fluoride, nitrate, and nitrite in the drinking water in the Sanandaj, Kurdistan Country, Iran. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1463510>

RICE, K. et al. Environmental Mercury and Its Toxic Effects. Journal of Preventive Medicine & Public Health, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74>

SHAHID, M. et al. Heavy Metal Stress and Crop Productivity. Crop Production and Global Environmental Issues, Springer, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-23162-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-23162-4_1)

SISAGUA, Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Controle mensal-demaís parâmetros. Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/sisagua-controle-mensal-demaís-parametros>

THACHER, R. et al. Modeling the transport and bioreduction of hexavalent chromium in aquifers: Influence of natural organic matter. Chemical Engineering Science, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2015.08.011>

TIWARI, S.; LATA, C. Heavy Metal Stress, Signaling, and Tolerance due to Plant-Associated Microbes: An Overview. *Frontiers*, v. 9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00452>

TOR, A.H. et al. Assesment of Copper intake in Relation to Tolerable Upper Intake Levels. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, v. 8, p. 193-194, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/EJNFS/2018/42531>

EU, UNIÃO EUROPEIA. Parlamento Europeu; Conselho da União Europeia. Diretiva (EU) 2020/2184 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2020 relativa à qualidade das águas destinadas ao consumo humano. *Diário Oficial da União Europeia*, Luxemburgo, p. 1-62, 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184>

USGS. Mercury Contamination of Aquatic Environments. Water Science School, 2018. Disponível em: <https://www.usgs.gov/water-science-school/science/mercury-contamination-aquatic-environments#overview>

VÁZQUEZ, G. et al. Mechanisms Associated with Cognitive and Behavioral Impairment Induced by Arsenic Exposure. *Cells-MDPI*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cells12212537>

VINCENT, J.; LUKASKI, H. Chromium. *Advances in Nutrition*, v. 9, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2161831322012443?via%3Dihub>

WAN, Y.; LIU, J.; ZHUANG, Z.; WANG, Q.; LI, H. Heavy Metals in Agricultural Soils: Sources, Influencing Factors, and Remediation Strategies. *MDPI*, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxics12010063>

WARD, M. et al. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>

WHO, World Health Organization. Mercury in Drinking-water. WHO, 2005. Disponível em: <https://www.who.int/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/mercury-background-document.pdf>

WHO, World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth edition incorporating the first addendum. WHO, 2017. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1#page=372.99>

WHO, World Health Organization. Exposure to Arsenic: A major public health concern. WHO, 2019. Disponível em: <https://www.who.int/docs/default-source/food-safety/arsenic/who-ced-phe-epe-19-4-1-eng.pdf>

WHO, World Health Organization. Exposure to Cadmium: A major public health concern. WHO, 2019, disponível em: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/f190f2f1-f74d-48a3-823b-25f5d3af702b/content>

WHO, World Health Organization. Guideline for clinical management of exposure to lead. WHO, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK575285/>

WHO, World Health Organization. Arsenic. WHO, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

WHO, World Health Organization. Exposure to lead: a major public health concern. WHO, 2023. Disponível em: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/c882119d-5efb-4792-b29d-16c6768308f1/content>

WHO, World Health Organization. Cadmium. WHO, 2025. Disponível em: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/chemical-safety-and-health/health-impacts/chemicals/cadmium>

WHO, World Health Organization. Exposure to lead, A major public health concern: Fourth edition. WHO, 2025. Disponível em: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/48b6e05d-1d82-4ccd-adc6-a0bbea71b456/content>

WUANA, R.A.; OKIEMEN, F.E. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. International Scholarly Research Notices, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5402/2011/402647>

ZAYNAB M. et al. Health and environmental effects of heavy metals. Journal of King Fahd University of Petroleum & Minerals, v. 34, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653>

ZENG, H. et al. Exposure to barium and blood pressure in children and adolescents: results from the 2003–2018 National Health and Nutrition Examination Survey. Environmental Science and Pollution Research, v. 29, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20507-4>

ZHANG, Y. et al. A review of the environmental chemical behavior, detection and treatment of antimony. *Environmental Technology & Innovation*, v. 24, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102026>

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Valor de Ingesta Diária Crônica e Quociente de Perigo para o As por faixa etária

L	CDI					HQ				
	Bebê	Criança	Adoles	Adulto	Idoso	Bebê	Criança	Adoles	Adulto	Idoso
1	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
2	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
3	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
4	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
5	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
6	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
8	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
9	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
10	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
11	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
12	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	17,5000	4,6667	4,6667	4,1667	3,3333
21	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	2,5000	0,6667	0,6667	0,5952	0,4762
27	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	0,0001	2,5000	0,6667	0,6667	0,5952	1,4286

APÊNDICE B – Valor de Ingesta Diária Crônica e Quociente de Perigo para o Cd por faixa etária

L	CDI					HQ				
	Bebê	Criança	Adoles	Adultos	Idoso	Bebê	Criança	Adoles	Adulto	Idoso
21	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
22	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
23	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
24	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
25	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
26	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
27	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
28	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
29	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
30	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571

<b>31</b>	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
<b>32</b>	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
<b>33</b>	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
<b>34</b>	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571
<b>35</b>	0,0002	4E-05	4E-05	3,57E-05	2,86E-05	0,3000	0,0800	0,0800	0,0714	0,0571

**APÊNCIDE C – Valor de Ingesta Diária Crônica e Quociente de Perigo para o Cr por faixa etária**

<b>L</b>	<b>CDI</b>					<b>HQ</b>				
	<b>Bebê</b>	<b>Criança</b>	<b>Adoles</b>	<b>Adulto</b>	<b>Idoso</b>	<b>Bebê</b>	<b>Criança</b>	<b>Adoles</b>	<b>Adulto</b>	<b>Idoso</b>
<b>21</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>23</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>24</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>25</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>26</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>27</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>28</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>29</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>30</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>31</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>32</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>33</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>34</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222
<b>35</b>	0,0011	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	1,1667	0,3111	0,3111	0,2778	0,2222

**APÊNDICE D – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Pb por faixa etária**

<b>L</b>	<b>CDI Pb</b>				
	<b>Bebês</b>	<b>Crianças</b>	<b>Adolescentes</b>	<b>Adultos</b>	<b>Idosos</b>
<b>21</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>22</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>23</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>24</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>25</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>26</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>27</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>28</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>29</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>30</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>31</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001

<b>32</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>33</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>34</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
<b>35</b>	0,0008	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001

**APÊNDICE E – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Cu por faixa etária**

<b>CDI Cu</b>					
<b>L</b>	<b>Bebês</b>	<b>Crianças</b>	<b>Adolescentes</b>	<b>Adultos</b>	<b>Idosos</b>
<b>1</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>2</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>3</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>4</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>5</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>7</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>8</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>9</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>10</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>11</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>12</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>13</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>14</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>15</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>16</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>17</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>18</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>19</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>20</b>	0,0030	0,0008	0,0008	0,0007	0,0006
<b>21</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>22</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>23</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>24</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>25</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>26</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>27</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>28</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>29</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>30</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>31</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>32</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002

<b>33</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>34</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
<b>35</b>	0,0009	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002

**APÊNDICE F – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Hg por faixa etária**

<b>L</b>	<b>CDI Hg</b>				
	<b>Bebês</b>	<b>Crianças</b>	<b>Adolescentes</b>	<b>Adultos</b>	<b>Idosos</b>
<b>1</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>2</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>3</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>4</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>5</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>6</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>7</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>8</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>9</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>10</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>11</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>12</b>	0,0001	2,00E-05	2,00E-05	1,79E-05	1,43E-05
<b>21</b>	1,50E-05	0,000004	4,00E-06	3,57E-06	2,86E-06
<b>22</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>23</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>24</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>25</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>26</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>27</b>	1,50E-05	0,000004	4,00E-06	3,57E-06	2,86E-06
<b>28</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>29</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>30</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>31</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>32</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>33</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>34</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06
<b>35</b>	4,50E-05	0,000012	1,20E-05	1,07E-05	8,57E-06

**APÊNDICE G – Valor de Ingesta Diária Crônica e Quociente de Perigo para o nitrato por faixa etária**

<b>L</b>	<b>CDI</b>					<b>HQ</b>				
	<b>Bebê</b>	<b>Criança</b>	<b>Adoles</b>	<b>Adulto</b>	<b>Idoso</b>	<b>Bebê</b>	<b>Criança</b>	<b>Adoles</b>	<b>Adulto</b>	<b>Idoso</b>

<b>1</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>2</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>3</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>4</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>5</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>6</b>	0,3585	0,0956	0,0956	0,0854	0,0683	0,2241	0,0598	0,0598	0,0533	0,0427
<b>7</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>8</b>	0,0435	0,0116	0,0116	0,0104	0,0083	0,0272	0,0073	0,0073	0,0065	0,0052
<b>9</b>	0,0345	0,0092	0,0092	0,0082	0,0066	0,0216	0,0058	0,0058	0,0051	0,0041
<b>10</b>	0,1035	0,0276	0,0276	0,0246	0,0197	0,0647	0,0173	0,0173	0,0154	0,0123
<b>11</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>12</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>13</b>	0,0930	0,0248	0,0248	0,0221	0,0177	0,0581	0,0155	0,0155	0,0138	0,0111
<b>14</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>15</b>	0,0150	0,0040	0,0040	0,0036	0,0029	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>16</b>	0,0945	0,0252	0,0252	0,0225	0,0180	0,0591	0,0158	0,0158	0,0141	0,0113
<b>17</b>	0,0960	0,0256	0,0256	0,0229	0,0183	0,0600	0,0160	0,0160	0,0143	0,0114
<b>18</b>	0,0960	0,0256	0,0256	0,0229	0,0183	0,0600	0,0160	0,0160	0,0143	0,0114
<b>19</b>	0,0930	0,0248	0,0248	0,0221	0,0177	0,0581	0,0155	0,0155	0,0138	0,0111
<b>20</b>	0,0945	0,0252	0,0252	0,0225	0,0180	0,0591	0,0158	0,0158	0,0141	0,0113
<b>21</b>	0,0450	0,0120	0,0120	0,0107	0,0086	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>22</b>	0,3330	0,0888	0,0888	0,0793	0,0634	0,2081	0,0555	0,0555	0,0496	0,0396
<b>23</b>	0,0450	0,0120	0,0120	0,0107	0,0086	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>24</b>	0,2985	0,0796	0,0796	0,0711	0,0569	0,1866	0,0498	0,0498	0,0444	0,0355
<b>25</b>	0,0450	0,0120	0,0120	0,0107	0,0086	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>26</b>	0,0450	0,0120	0,0120	0,0107	0,0086	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>27</b>	0,0450	0,0120	0,0120	0,0107	0,0086	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>28</b>	0,0735	0,0196	0,0196	0,0175	0,0140	0,0459	0,0123	0,0123	0,0109	0,0088
<b>29</b>	0,2490	0,0664	0,0664	0,0593	0,0474	0,1556	0,0415	0,0415	0,0371	0,0296
<b>30</b>	0,2310	0,0616	0,0616	0,0550	0,0440	0,1444	0,0385	0,0385	0,0344	0,0275
<b>31</b>	0,2865	0,0764	0,0764	0,0682	0,0546	0,1791	0,0478	0,0478	0,0426	0,0341
<b>32</b>	0,1200	0,0320	0,0320	0,0286	0,0229	0,0750	0,0200	0,0200	0,0179	0,0143
<b>33</b>	0,2175	0,0580	0,0580	0,0518	0,0414	0,1359	0,0363	0,0363	0,0324	0,0259
<b>34</b>	0,1950	0,0520	0,0520	0,0464	0,0371	0,1219	0,0325	0,0325	0,0290	0,0232
<b>35</b>	0,0450	0,0120	0,0120	0,0107	0,0086	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>36</b>	0,1005	0,0268	0,0268	0,0239	0,0191	0,0628	0,0168	0,0168	0,0150	0,0120
<b>37</b>	0,1815	0,0484	0,0484	0,0432	0,0346	0,1134	0,0303	0,0303	0,0270	0,0216
<b>38</b>	0,0450	0,0120	0,0120	0,0107	0,0086	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>39</b>	0,1425	0,0380	0,0380	0,0339	0,0271	0,0891	0,0238	0,0238	0,0212	0,0170

<b>40</b>	0,0705	0,0188	0,0188	0,0168	0,0134	0,0441	0,0118	0,0118	0,0105	0,0084
<b>41</b>	0,1455	0,0388	0,0388	0,0346	0,0277	0,0909	0,0243	0,0243	0,0217	0,0173

**APÊNDICE H – Valor de Ingesta Diária Crônica para o Se por faixa etária**

<b>L</b>	<b>THI</b>				
	<b>Bebês</b>	<b>Crianças</b>	<b>Adolescentes</b>	<b>Adultos</b>	<b>Idosos</b>
<b>1</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>2</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>3</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>4</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>5</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>6</b>	17,7241	4,7264	4,7264	4,2200	3,3760
<b>7</b>	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>8</b>	17,5272	4,6739	4,6739	4,1731	3,3385
<b>9</b>	17,5216	4,6724	4,6724	4,1718	3,3374
<b>10</b>	17,5647	4,6839	4,6839	4,1821	3,3457
<b>11</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>12</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>13</b>	0,0581	0,0155	0,0155	0,0138	0,0111
<b>14</b>	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>15</b>	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>16</b>	0,0591	0,0158	0,0158	0,0141	0,0113
<b>17</b>	0,0600	0,0160	0,0160	0,0143	0,0114
<b>18</b>	0,0600	0,0160	0,0160	0,0143	0,0114
<b>19</b>	0,0581	0,0155	0,0155	0,0138	0,0111
<b>20</b>	0,0591	0,0158	0,0158	0,0141	0,0113
<b>21</b>	5,2713	1,4057	1,4057	1,2551	1,0041
<b>22</b>	0,6581	0,1755	0,1755	0,1567	0,1254
<b>23</b>	1,6448	0,4386	0,4386	0,3916	0,3133
<b>24</b>	1,8032	0,4809	0,4809	0,4293	0,3435
<b>25</b>	1,6448	0,4386	0,4386	0,3916	0,3133
<b>26</b>	1,6448	0,4386	0,4386	0,3916	0,3133
<b>27</b>	5,2713	1,4057	1,4057	1,2551	1,9564
<b>28</b>	1,5126	0,4034	0,4034	0,3601	0,2881
<b>29</b>	1,6223	0,4326	0,4326	0,3863	0,3090
<b>30</b>	1,6110	0,4296	0,4296	0,3836	0,3069
<b>31</b>	1,6457	0,4389	0,4389	0,3918	0,3135
<b>32</b>	1,5417	0,4111	0,4111	0,3671	0,2937
<b>33</b>	1,6026	0,4274	0,4274	0,3816	0,3053

<b>34</b>	1,5885	0,4236	0,4236	0,3782	0,3026
<b>35</b>	1,4948	0,3986	0,3986	0,3559	0,2847
<b>36</b>	0,0628	0,0168	0,0168	0,0150	0,0120
<b>37</b>	0,1134	0,0303	0,0303	0,0270	0,0216
<b>38</b>	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>39</b>	0,0891	0,0238	0,0238	0,0212	0,0170
<b>40</b>	0,0441	0,0118	0,0118	0,0105	0,0084
<b>41</b>	0,0909	0,0243	0,0243	0,0217	0,0173

APÊNDICE I – Valor de Índice de Perigo Total por localização e faixa etária

<b>L</b>	<b>THI</b>				
	<b>Bebês</b>	<b>Crianças</b>	<b>Adolescentes</b>	<b>Adultos</b>	<b>Idosos</b>
<b>1</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>2</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>3</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>4</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>5</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>6</b>	17,7241	4,7264	4,7264	4,2200	3,3760
<b>7</b>	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>8</b>	17,5272	4,6739	4,6739	4,1731	3,3385
<b>9</b>	17,5216	4,6724	4,6724	4,1718	3,3374
<b>10</b>	17,5647	4,6839	4,6839	4,1821	3,3457
<b>11</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>12</b>	17,5094	4,6692	4,6692	4,1689	3,3351
<b>13</b>	0,0581	0,0155	0,0155	0,0138	0,0111
<b>14</b>	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>15</b>	0,0094	0,0025	0,0025	0,0022	0,0018
<b>16</b>	0,0591	0,0158	0,0158	0,0141	0,0113
<b>17</b>	0,0600	0,0160	0,0160	0,0143	0,0114
<b>18</b>	0,0600	0,0160	0,0160	0,0143	0,0114
<b>19</b>	0,0581	0,0155	0,0155	0,0138	0,0111
<b>20</b>	0,0591	0,0158	0,0158	0,0141	0,0113
<b>21</b>	5,1213	1,3657	1,3657	1,2194	0,9755
<b>22</b>	0,5081	0,1355	0,1355	0,1210	0,0968
<b>23</b>	1,4948	0,3986	0,3986	0,3559	0,2847
<b>24</b>	1,6532	0,4409	0,4409	0,3936	0,3149
<b>25</b>	1,4948	0,3986	0,3986	0,3559	0,2847
<b>26</b>	1,4948	0,3986	0,3986	0,3559	0,2847
<b>27</b>	5,1213	1,3657	1,3657	1,2194	1,9279
<b>28</b>	1,5126	0,4034	0,4034	0,3601	0,2881
<b>29</b>	1,6223	0,4326	0,4326	0,3863	0,3090
<b>30</b>	1,6110	0,4296	0,4296	0,3836	0,3069
<b>31</b>	1,6457	0,4389	0,4389	0,3918	0,3135
<b>32</b>	1,5417	0,4111	0,4111	0,3671	0,2937

<b>33</b>	1,6026	0,4274	0,4274	0,3816	0,3053
<b>34</b>	1,5885	0,4236	0,4236	0,3782	0,3026
<b>35</b>	1,4948	0,3986	0,3986	0,3559	0,2847
<b>36</b>	0,0628	0,0168	0,0168	0,0150	0,0120
<b>37</b>	0,1134	0,0303	0,0303	0,0270	0,0216
<b>38</b>	0,0281	0,0075	0,0075	0,0067	0,0054
<b>39</b>	0,0891	0,0238	0,0238	0,0212	0,0170
<b>40</b>	0,0441	0,0118	0,0118	0,0105	0,0084
<b>41</b>	0,0909	0,0243	0,0243	0,0217	0,0173