



Potenciais impactos para a saúde com a exposição à contaminantes na água de abastecimento: o caso de uma cidade do interior do estado do Amazonas

Ana Cyra dos Santos Lucas¹, Neila Soares Picanço²

Resumo

Este estudo objetiva contribuir com dados científicos para embasar a discussão sobre os impactos para a saúde da população pela exposição à contaminantes na água de beber, tendo como caso concreto a cidade de Parintins, no estado do Amazonas. São discutidas as informações sobre efeitos para a saúde do nitrato, da amônia e do alumínio, as principais substâncias relatadas como apresentando valores anômalos na água, segundo o relatório do Serviço Geológico do Brasil de 2019. Também, com os dados de concentração destas substâncias na água de abastecimento, foi estimada a ingestão diária pela população e comparado com os valores de ingestão diária ou semanal aceitáveis. E ainda, considerando os potenciais comprometimentos para a saúde, são indicadas medidas de vigilância em saúde para acompanhamento da população exposta.

Palavras-Chave: Nitratos, Amônia, Alumínio e Água Potável.

Potential health impacts from exposure to contaminants in drinking water: the case of a city in the interior of the state of Amazonas. This study aims to contribute with scientific data to support the discussion on the impacts on the population's health due to exposure to contaminants in drinking water, taking as a specific case the city of Parintins, in the state of Amazonas. Information on health effects of nitrate, ammonia, and aluminum, the main substances reported to have anomalous values in water according to the Serviço Geológico do Brasil 2019 report, is discussed. Also, with the concentration data of these substances in supply water, the daily intake by the population was estimated and compared with the acceptable daily or weekly intake values. In addition, considering potential health risks, health surveillance measures are recommended to monitor the exposed population.

Keywords: Nitrates, Ammonia, Aluminum and Drinking Water.

¹ Professor Titular, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UFAM, alucas@ufam.edu.br

² Farmacêutica, Laboratório LEATox, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UFAM, neilasp@ufam.edu.br



1. Introdução

A qualidade de água para o abastecimento humano deve ser uma prioridade, pois ela é um elemento essencial à vida e seu suprimento satisfatório resulta em claros benefícios para a saúde da população (WHO 2017). Mesmo no Estado do Amazonas, onde há abundância deste recurso natural, observam-se problemas na oferta de água de qualidade, onde 44 municípios são abastecidos exclusivamente por águas subterrâneas, 10 por mananciais superficiais e 8 de forma mista, inclusive a capital Manaus, sendo considerado pela própria Agência Nacional de Águas como sistemas de abastecimento bastante precários (ANA 2020).

O município de Parintins é o segundo mais populoso do Estado do Amazonas, com uma população estimada em 2020 de 115.363 pessoas, e se localiza a 372 quilômetros em linha reta da capital Manaus, na fronteira com o Estado do Pará. Apesar de estar situada à margem direita do rio Amazonas, todo seu abastecimento público de água se faz por meio de captação subterrânea.

Suspeitas de contaminação na água de abastecimento de Parintins conduziram à realização de vários estudos para o diagnóstico da situação. O mais recente, realizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, originou o relatório “Avaliação Técnica do Sistema Público de Abastecimento de Água da Cidade de Parintins (AM)” (CPRM 2019), disponível para acesso no RIGeo - Repositório Institucional de Geociências - CPRM, e apresenta, com grande detalhamento, as conclusões e recomendações sobre a situação das águas de abastecimento público da cidade de Parintins.

O documento apresenta tabelas com os dados de pH, condutividade elétrica, nitrato, amônia, metais pesados, sódio e cloro, destacando os valores anômalos para o nitrato (NO_3^-) (variando

entre 0,81 e 84,90 mg/L), para amônia (NH_3^+) (entre < 0,0013 e 2,38 mg/L) e alumínio (Al) (entre < 0,015 e 2,90 mg/L). Além disso, destacou fatores que contribuem para os níveis elevados, em alguns poços, das principais substâncias analisadas: a) o pH naturalmente acentuado (entre 3,8 a 4,5%) das águas subterrâneas da área, que possibilita a mobilização do alumínio das partículas argilosas do solo; e b) o adensamento populacional, no setor norte da cidade (definido no relatório), sem rede de tratamento de esgoto, com conseqüente infiltração no solo de resíduos líquidos de esgoto, que são despejados em fossas ou céu aberto.

Assim, na busca de subsídios científicos que contribuam para o debate e tomada de decisões para a proteção da saúde da população exposta ao nitrato, à amônia e ao alumínio, na água de beber, foi realizada busca bibliográfica atualizada sobre o tema e de forma sucinta e objetiva expomos os principais achados, com ênfase para a exposição às substâncias por meio da água de beber.

2. Material e Método

Foi realizada busca bibliográfica atualizada sobre o tema na base PUBMED em 15 de janeiro de 2020. Foram identificados artigos e publicações institucionais relevantes para o tema, e de forma sucinta e objetiva reunidos os principais achados nesta breve revisão narrativa, com ênfase para a exposição por meio da água de beber às substâncias nitrato, amônia e alumínio, pelo seu destaque nos resultados das análises das águas de abastecimento na cidade de Parintins, no Amazonas.

Para a estimação da ingestão diária ou semanal de nitrato, amônio e alumínio pela população de Parintins foram considerados: a) a ingestão diária de 2L de água por um adulto de 70Kg (Rashid, Praveena, e Aris 2015); e b) os valores mais

Ciências da Saúde

altos de concentração encontrados nos poços em Parintins, obtidos no relatório do CPRM (2019): Nitrato - 19,58 mg/L (em NO₃-N), Amônia -2,38 mg/L e Alumínio - 2,90 mg/L. Esta ingestão calculada, diária ou semanal, foi comparada com os valores da literatura para a ingestão diária aceitável (IDA) e ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) das substâncias.

3. Resultados

Ingestão Estimada de Nitrato, Amônia e Alumínio

Usando os dados de concentração do relatório do CPRM (2019), na segunda coluna da Tabela 1, e considerando a ingestão diária de 2L de água por um adulto de 70Kg foi calculada a ingestão das substâncias pela população de Parintins por meio da água de beber. Estes dados foram comparados com os valores de ingestão diária (IDA) ou semanal aceitáveis (PTWI), encontrados na literatura, e calculado o respectivo percentual.

Tabela 1: Comparação dos resultados máximos dos analitos, sua ingestão estimada, com base no consumo de 2 litros/dia de água em adultos de 70Kg, e recomendações de ingestão diária ou semanal aceitável.

Analito	Valor Máximo encontrado em poço em Parintins ^a	Valor estimado em 2 L de água do poço (ingestão média diária de água)	IDA ou PTWI (literatura)	Ingestão estimada por Adulto de 70Kg	% da IDA ^b ou PTWI ^c
Nitrato	86,70 mg/L em NO ₃ (PT-19) ou 19,58 mg/L em NO ₃ -N	173,4 mg em NO ₃ ou 39,15 mg (NO ₃ -N)	3,7 mg/Kg/dia (NO ₃ -N) ^d	0,56 mg/Kg/dia (NO ₃ -N)	15%
Amônia	2,38 mg/L (PT-04)	4,76 mg	0,014- 0,14 mg/Kg/dia ^e	0,07 mg/kg/dia	50%
Alumínio	2,90 mg/L (Fábrica de Gelo)	5,80 mg	1 mg/Kg/semana ^f	0,58 mg/Kg/semana	58%

^a Relatório CPMR(2019). ^bIDA– ingestão diária aceitável. ^cPTWI - ingestão semanal tolerável provisória. ^dWHO/JECFA,1995. ^eWHO in Rashid; Praveena; Aris, 2015. ^f WHO, 2017

Compostos Nitrogenados (amônia e nitrato) em Água de Beber e a Saúde.

As atividades humanas no último século modificaram enormemente o ciclo natural do nitrogênio no ambiente dobrando a taxa de deposição no solo pelo uso de fertilizantes nitrogenados, sendo este o maior contribuidor para o nitrogênio antropogênico em todo o mundo. Porém, outras fontes incluem rejeitos humanos e animais, óxido de nitrogênio do uso de combustíveis fósseis por máquinas e automóveis, e o cultivo de leguminosas e outras fixadoras de

nitrogênio (Ward et al. 2018). A partir destas fontes o nitrogênio é transformado em nitrato (NO₃⁻) por mineralização, hidrólise e nitrificação bacteriana, e é fixado nas plantas. Também a amônia (NH₃⁺), presente no solo, tende a ser transformada rapidamente a amônio (NH₄⁺), o qual acaba originando o nitrato (NO₃⁻) pelo processo microbiano da nitrificação.

O nitrato é encontrado em muitos alimentos, com os níveis mais altos ocorrendo em algumas folhas verdes e vegetais de raiz. A ingestão média diária



Ciências da Saúde

de alimentos está na faixa de 30 a 130 mg dia de NO_3 (ou 7–29 mg/dia $\text{NO}_3\text{-N}$) (Ward et al. 2018).

O nitrato não fixado pelas plantas migra para córregos e águas subterrâneas onde serão eventualmente consumidos por animais e seres humanos (Ward et al. 2005).

A ingestão humana diária aceitável de nitrato como nitrogênio ($\text{NO}_3\text{-N}$) é de 3,7 mg/Kg (WHO 1995) e o limite máximo de nitrato em água de beber 50 mg/L de nitrato (equivalente a 11 mg/L de $\text{NO}_3\text{-N}$), estabelecido em 2017 pela Organização Mundial de Saúde (WHO 2017), valor também vigente no Brasil por meio da Portaria de Consolidação No. 05/2017 (Brasil 2017) (10 mg/L de Nitrato (como N). Entretanto, este valor foi estabelecido com o objetivo principal de proteger contra a metemoglobinemia ou "síndrome do bebê azul", à qual as crianças são mais susceptíveis, e não considera os efeitos de uma exposição crônica ao nitrato.

Portanto, muito se discute sobre os valores máximos de nitrato em água de beber, visto que eventuais efeitos crônicos não foram considerados, havendo estudos, embora não conclusivos, com indicação de relação entre nitratos e alguns cânceres, consequências adversas na reprodução e diabetes mesmo com níveis abaixo do máximo permitido (Ward et al. 2005).

A Organização Mundial da Saúde/World Health Organization (OMS ou WHO) decidiu por não incluir, em suas diretrizes de 2017 para qualidade de água, concentração máxima para a amônia já que normalmente "ocorre na água potável em concentrações bem inferiores às de preocupação com a saúde" (WHO 2017). O valor máximo permitido no Brasil para amônia, estabelecido para assegurar o padrão organoléptico de potabilidade da água e constante na Portaria de Consolidação

No. 05/2017 é de 1,5mg/L (como NH_3) (Brasil 2017).

A ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) recomendada pela OMS de amônia na água para adultos é na faixa de 0,014 a 0,14 mg/dia/kg (Rashid, Praveena, Aris 2015).

Em Parintins foi encontrado que as pessoas que utilizassem água do poço PT-04, com a maior concentração de amônia na cidade, poderiam ter o consumo de 50% da PTWI por esta fonte (Tabela 1). Entretanto, a água de beber não é a fonte principal de exposição de amônia, visto que pode ser facilmente removida da água quando esta é levada à fervura (Felix e Cardoso 2004), e por isso não é considerada de direta importância para a saúde humana por este meio de exposição, desde que dentro dos níveis permitidos (Schullehner, Stayner, Hansen 2017). Os efeitos tóxicos são observados apenas quando a exposição é de acima de 200 mg/kg de peso corporal (WHO 2017).

É importante lembrar que a amônia é também um subproduto natural do corpo humano, durante a síntese de aminoácidos, e que é rapidamente metabolizada à ureia no fígado, pelo ciclo da ureia, sendo excretada pelos rins. Assim, o nível de amônia no sangue em um adulto saudável varia de 15 a 45 $\mu\text{g/dL}$ e a toxicidade da amônia ocorre quando os níveis superam capacidade do fígado de eliminá-lo, situação comum na hiperamonemia congênita, na presença de comprometimento hepático, como na cirrose hepática (Padappayil e Borger 2019), e em deficiências enzimáticas no ciclo da ureia, como da ornitina transcarbamilase (Torkzaban et al. 2019) entre outras. O excesso de amônia no organismo causa diminuição da produção de albumina, causando edemas, de outras proteínas hepáticas e diminuição de fatores de coagulação, causando hemorragias e encefalopatia hepática.



Ciências da Saúde

Já a toxicidade do nitrato se deve ao metabolismo a que ele é submetido ao ser ingerido, e aos efeitos das substâncias produzidas neste processo. Nas condições ácidas do estômago é transformado em ácido nitroso (HNO_2), um potente agente nitrosante, e, subsequentemente, em trióxido de dinitrogênio (N_2O_3), óxido nítrico (NO) e nitrito (NO_2) e, eventualmente na presença de amino-ácidos nitrosáveis da dieta, compostos N-nitroso (CNN), cuja maioria são carcinogênicos e teratogênicos como as N-nitrosoaminas e N-nitrosoamidas. Este processo depende da concentração dos compostos envolvidos, o pH do ambiente de reação e outros fatores modificadores, incluindo a presença de catalisadores ou inibidores.

Em outra rota metabólica, o NO_3 ingerido (nitrato) é reduzido a NO_2 (nitrito) por bactérias na boca e no estômago. Ligações de NO_2 à hemoglobina formam metemoglobina, que interfere na capacidade de transporte de oxigênio do sangue. A metemoglobinemia é uma condição que ocorre quando os níveis de metemoglobina excedem cerca de 10% no sangue (Ward et al. 2018). Esta é uma condição mais preocupante em bebês, por sua capacidade aumentada de realizar a conversão de hemoglobina à metemoglobina e por seus baixos níveis da enzima citocromo-b5-redutase, que converte a metemoglobina de volta em hemoglobina. Na chamada "síndrome do bebê azul" ocorre asfixia e a criança fica com a pele azulada, especialmente ao redor dos olhos e da boca, sendo letal quando 70% da hemoglobina do corpo é convertida metemoglobina.

Um metabolismo benéfico para a saúde é a formação do NO , seja pela redução do HNO_2 na presença de vitamina C, como também pela redução do NO_2 na presença de tocoferol, polifenóis e flavonoides. Estas duas rotas são importantes na formação do NO

endógeno, que está envolvido em vários efeitos fisiológicos mediados como a regulação da pressão arterial, fluxo sanguíneo por mediação da vasodilatação, manutenção do tônus vascular, inibição da agregação plaquetária, modulação da função mitocondrial e outros processos, como destacado em recente estudo de revisão (Ward et al. 2018), sendo importante para a saúde, mas que só ocorre quando as condições nutricionais necessárias estão presentes.

Em Parintins, os consumidores de água do poço PT-19, aquele com a maior concentração de nitrato encontrada pelo CPRM, poderiam estar ingerindo cerca de 15% da ingestão diária aceitável (tabela 1), sendo que outra fonte são os alimentos vegetais, os quais são também os portadores de fatores que podem ajudar a inibir a nitrosação (formação dos compostos N-nitrosos, carcinogênicos e teratogênicos), como os citados por Ward et al. (2018): vitamina C, alfa-tocoferol ou polifenóis, flavonoides, como quercetina, ácido ferúlico e cafeico, extratos de noz de betel, alho, café e chá verde, morangos, suco de alho, suco de couve, sucos de pimenta verde, abacaxi, morango ou cenoura. No mesmo estudo é citado que foi demonstrado que o ferro-heme estimula a nitrosação endógena. Portanto, a alta ingestão de carne vermelha é um fator de risco para os efeitos adversos da ingestão de nitrato.

O estudo de revisão da literatura de Ward et. al. de 2018, uma atualização da revisão de 2005 dos mesmos autores (Ward et al. 2005), analisa as pesquisas até então realizadas sobre os principais efeitos tóxicos relacionados à ingestão de nitrato por meio da água. Porém, deve-se destacar que muitos dos estudos incluem o efeito do nitrato e de outros contaminantes da água, pelo que o resultado na saúde pode não ser



Ciências da Saúde

exclusivamente devido ao nitrato, mas mediado pelos outros produtos.

Os resultados das pesquisas revisadas neste estudo destacam a metemoglobinemia aumentada relacionada a altos níveis de NO₃-N em água de beber, mesmo sem sinais clínicos presentes, a qual pode também estar envolvida na degeneração macular, associada a altos níveis de nitrato em água, devido à peroxidação lipídica na retina induzida pela metemoglobina.

Foram revisados ainda estudos que investigaram a ingestão de nitrato em água como fator de risco para uma série de resultados da gravidez, incluindo aborto espontâneo, mortes fetais, prematuridade, retardo de crescimento intrauterino, baixo peso ao nascer, malformações congênitas e óbitos neonatais. Entretanto, não foram encontradas evidências que assegurem esta relação.

Em relação a cânceres, foram encontrados estudos que relacionaram a ingestão de nitrato em água com câncer de tireoide, ovariano e colorretal. E quanto a doenças da tireoide, estudos encontraram relação entre a ingestão de altas doses de nitrato em água com hipertrofia da tireoide e hipotireoidismo subclínico.

Associações entre nitrato na água potável e outros efeitos não cancerígenos na saúde, incluindo diabetes infantil tipo 1 (DT1), pressão arterial e infecções agudas do trato respiratório em crianças foram analisados na revisão de 2005 (Ward et al. 2005), porém outros estudos desde 2004 (Ward et al. 2018) contribuíram com evidência contraditórias, não permitindo afirmar essa associação.

Alumínio em Água de Beber e a Saúde

O alumínio (Al) é o terceiro elemento mais abundante na natureza, sendo amplamente distribuído. Pode estar presente na água de fontes naturais ou como resultado de atividades humanas,

já que os sais de alumínio também são amplamente utilizados no tratamento de água como coagulantes para reduzir os níveis de matéria orgânica, cor, turbidez e micro-organismos (WHO 2010).

Também é usado em outras áreas industriais, como metal ou ligas, em transporte, construção, pigmentos e tintas, aditivos de combustível, explosivos e propulsores; como óxidos de alumínio em aditivos alimentares e na fabricação de, por exemplo, abrasivos, refratários, cerâmicas, isoladores elétricos, catalisadores, papel, velas de ignição, bulbos de luz, gemas artificiais, ligas, vidro e fibras resistentes ao calor; na forma de hidróxido de alumínio em produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais; e ainda em alimentos, onde compostos de alumínio incluem conservantes, corantes, emulsificantes e pós de panificação, e em fórmulas infantis à base de soja (Krewski et al. 2007).

Considerando as múltiplas possíveis fontes de exposição humana ao Al, a principal via de exposição para o público geral é a ingestão de alimentos e se estima que a contribuição da água potável para a exposição oral total do alumínio será de cerca de 4% (dados baseados em uma ingestão média de alumínio por adultos a partir de alimentos de 5 mg/dia e uma concentração de alumínio em água potável de 0,1 mg/L). Por outro lado, a ingestão em pessoas que usam regularmente antiácidos contendo alumínio, e analgésicos tamponados, pode chegar a 5 g de Al/dia. (WHO 2010).

A OMS decidiu por não incluir em suas diretrizes de 2017 para qualidade de água concentração máxima para o Al, mas recomenda que não exceda os valores praticáveis com base na otimização do processo de coagulação em instalações de água potável que utilizam coagulantes à base de alumínio: 0,1 mg/L ou menos em grandes instalações de tratamento de água e 0,2



Ciências da Saúde

mg/L ou menos em pequenas instalações (WHO 2017). No Brasil o valor vigente para água potável é de 0,2 mg de Al/L por meio da Portaria de Consolidação No. 05/2017 (Brasil 2017).

A ingestão semanal tolerável para o Al recomendada pelo Comitê Misto FAO/OMS de Especialistas em Aditivos Alimentares incluindo todas as fontes é de 1 mg/kg de peso corporal (WHO 2017).

Nos seres humanos, o alumínio e seus compostos parecem ser pouco absorvidos (WHO 1995). A biodisponibilidade oral de alumínio em água é de 0,1 a 0,4%, e é aumentada com citrato, pH ácido e uremia, e diminuída por compostos contendo silício. A urina é a via mais importante de excreção de alumínio em humanos. Quanto à distribuição corporal de alumínio, 60% está nos ossos, 25% no pulmão, 10% no músculo, 3% no fígado e 1% no cérebro, sendo aumentada a concentração nos tecidos com a idade. A eliminação é principalmente pelos rins na urina (95%) e cerca de 25% pela bile. (Krewski et al. 2007)

A toxicidade das diferentes formas de Al depende em grande parte do seu comportamento físico e da relativa solubilidade na água, rota de administração, magnitude, duração e frequência da exposição (Willhite et al. 2014). A toxicidade das formas solúveis de Al depende da dose administrada de Al⁺³ para atingir os tecidos, e o seu potencial tóxico ocorre em exposição excessiva (Mehri & Marjan 2013). A formação de radicais de oxigênio induzida por Al⁺³ é responsável pelo dano oxidativo que leva a apoptose intrínseca (morte celular). Por outro lado, a toxicidade dos óxidos de alumínio insolúveis depende principalmente de seu comportamento como material particulado.

Um estudo de revisão de 2007 (Krewski et al. 2007) destaca que os efeitos mais relatados e estudados do Al

são em função do tipo de exposição. Assim, em pacientes renais expostos no fluido de diálise são relatados anemia, doenças ósseas e encefalopatias. Já em usuários frequentes de antiácidos os estudos são contraditórios na associação do Al com Doença de Alzheimer, embora as propriedades neurotóxicas do Al estejam bem estabelecidas. Os autores destacam que pouco se sabe sobre o efeito do Al em antiácidos em grávidas e na lactação. Tampouco há consenso sobre o efeito de antiperspirantes com Al e o câncer de mama (Klotz et al. 2017), embora haja alguns estudos que demonstram esta associação.

Em relação ao Al presente em água de beber, estudos de revisão destacam a possível relação com efeitos neurológicos (100 µg AL/L de água) (Krewski et al. 2007) e na Doença de Alzheimer (Klotz et al. 2017; Flaten 2001), que seriam ocasionadas por aumento da atividade inflamatória dentro do cérebro levando às transformações patológicas (Bondy 2016). Assim, é preocupante que, em Parintins, a população que utiliza água do poço Fábrica de Gelo, tem o potencial de ingerir 58% da ingestão semanal aceitável a partir desta fonte.

4. Discussão

É pertinente a preocupação levantada no relatório do CPRM (2019) em relação aos resultados das análises da água de beber nos 28 poços de captação subterrânea de Parintins, que revelam uma situação de alerta para as condições de saúde da população, principalmente daqueles que utilizam os poços mais afetados, no setor norte da cidade, pois os compostos com valores acima dos limites permitidos pela legislação brasileira podem causar danos à saúde.

É possível observar na tabela 1, organizada utilizando-se os dados apresentados no relatório do CPRM e da literatura científica e oficial, que as



Ciências da Saúde

ingestões estimadas somente por meio da água do abastecimento público em Parintins, naqueles poços com os valores máximos encontrados para nitrato, amônia e alumínio, já correspondem em torno de metade da ingestão aceitável para estas substâncias, exceto o nitrato para o qual a ingesta seria de cerca de 15% da ingestão diária aceitável, sendo outra fonte possível a ingestão de vegetais com estimativas em torno de até 29 mg/dia de NO₃-N (Ward et al. 2018).

Destacamos que em relação ao compostos nitrogenados, particularmente o nitrato, os autores do estudo de revisão de 2018 (Ward et al. 2018) concluem que "considerando todos os estudos realizados até o momento, a evidência mais forte de uma relação entre ingestão de nitrato de água potável e resultados adversos à saúde (além da metemoglobinemia) é de câncer colorretal, doença da tireoide e defeitos do tubo neural", este último chamando a atenção para a ingestão de água com nitrato excessivo por grávidas, e ainda que "os efeitos adversos à saúde relacionados ao nitrato da água potável provavelmente se devem a uma combinação de alta ingestão de nitrato e fatores que aumentam a nitrosação endógena", como presença de cofatores como o hábito de fumar, outros contaminantes da água, alimentação e nutrição inadequada.

Portanto, considerando o potencial efeito adverso em populações expostas a nitrato em água de beber, ainda que dentro dos valores limites estabelecidos na legislação, é recomendável a monitoração por meio de controle da metemoglobinemia, essa particularmente entre as crianças pequenas que ingerem esta água, e na população geral a avaliação clínica e laboratorial da tireoide e o controle preventivo do câncer colorretal, efeitos

para cuja associação já foi encontrada evidência científica.

Além disso, estudos epidemiológicos nesta população para investigação de ocorrência de outros efeitos adversos à saúde potencialmente causados pelo nitrato em exposição crônica a baixas concentrações, podem ser reveladores da sua situação de saúde e importantes para o encaminhamento de outras ações para sua proteção.

Importante lembrar no caso da amônia, embora os poços apresentem em sua maioria valores aceitáveis, que membros da população Parintins com fatores fisiológicos e enfermidades que aumentariam a susceptibilidade aos efeitos tóxicos da amônia, como aqueles com transtornos hepáticos ou deficiência em enzimas do ciclo da ureia, também merecem a monitoração clínica por meio da dosagem da amônia no sangue para prevenção da hiperamonemia e suas consequências para a saúde, como edemas, diminuição de proteínas hepáticas, hemorragias e encefalopatia hepática.

Em relação ao alumínio, embora se considere a ingestão por meio da água de beber uma via pouco importante para intoxicação (desde que a água contenha baixos índices de Al), comparada à outras vias como o uso de medicamentos antiácidos, o relatório demonstrou que há poços com valores acima dos estabelecidos em lei. Além disso, há estudos que demonstram efeitos neurológicos tóxicos mesmo com valores de Al abaixo do limite de 0,2mg/L. Assim, membros da população suscetíveis, por exemplo aqueles com as funções renais comprometidas, poderiam sofrer os efeitos da acumulação do Al no organismo. Sendo esta subpopulação, e também os idosos, merecedora de acompanhamento clínico para vigilância destes efeitos neurológicos, incluindo sintomas precoces da Doença de Alzheimer.



Ciências da Saúde

5. Conclusão

A situação de Parintins, Amazonas, reforça Teixeira et. al. (2018) quando disse que “Evoluiu-se da vigilância das pessoas para a das doenças e agora para a de riscos à saúde”. Assim, é fundamental a implementação das recomendações constantes relatório do CPRM, em relação às melhorias ambientais e da estrutura do abastecimento público de Parintins e seu monitoramento, além de ações de vigilância em saúde da população, principalmente dos subgrupos mais suscetíveis aos efeitos tóxicos das substâncias com valores anômalos nos poços de abastecimento da água para a população.

Agradecimentos

Ao Professor Menabarreto Segadilha França pelo convite em contribuir com a saúde pública, analisando os aspectos toxicológicos das substâncias presentes na água de beber da população de Parintins.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. A autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

ANA, Agência Nacional de Águas. 2020. “ATLAS - Abastecimento Urbano de Água”. 23 de setembro de 2020. <http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=29&&nav=ant&>.

Bondy, Stephen C. 2016. “Low Levels of Aluminum Can Lead to Behavioral and Morphological Changes Associated with Alzheimer’s Disease and Age-Related Neurodegeneration”. *NeuroToxicology* 52 (janeiro): 222–29. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.12.002>.

BRASIL. Ministério da Saúde. 2017. *PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5/2017*. Disponível em < http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em 17/12/2020.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 2019. *Avaliação Técnica do Sistema Público de Abastecimento de Água da Cidade de Parintins*. Organizado por José Luiz Marmos e Bruno Del rio Calvo. Manaus: CPRM. Disponível em < http://ri-geo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/21624/1/lau-do-final_parintins_2019.pdf>. Acesso em 16/12/2020.

Felix, Erika Pereira, e Arnaldo Alves Cardoso. 2004. “Amônia (NH₃) Atmosférica: Fontes, Transformação, Sorvedouros e Métodos de Análise”. *Química Nova* 27 (1): 123–30. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000100022>.

Flaten, Trond Peder. 2001. “Aluminium as a Risk Factor in Alzheimer’s Disease, with Emphasis on Drinking Water”. *Brain Research Bulletin* 55 (2): 187–96. [https://doi.org/10.1016/S0361-9230\(01\)00459-2](https://doi.org/10.1016/S0361-9230(01)00459-2).

Klotz, Katrin, Wobbeke Weistenhöfer, Frauke Neff, Andrea Hartwig, Christoph van Thriel, e Hans Drexler. 2017. “The Health Effects of Aluminum Exposure”. *Deutsches Aerzteblatt Online*, setembro. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2017.0653>.

Krewski, Daniel, Robert A Yokel, Evert Nieboer, David Borchelt, Joshua Cohen, Jean Harry, Sam Kacew, Joan Lindsay, Amal M Mahfouz, e Virginie Rondeau. 2007. “Human Health Risk Assessment for Aluminium, Aluminium Oxide, and Aluminium Hydroxide”. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 10 (sup1): 1–269. <https://doi.org/10.1080/10937400701597766>.

Mehri, Aliasgharpour e Marjan, Rahnamaye Farzami. 2013. “Trace Elements in Human Nutrition: A Review”. *International journal of medical investigation* 2 (3): 115–28.

Padappayil, Rana Prathap, e Judith Borger. 2019. “Ammonia Toxicity”. In *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546677/>.

Rashid, Nur Shafarina, Sarva Mangala Praveena, e Ahmad Zaharin Aris. 2015. “Drinking Water Assessment on Ammonia Exposure Through Tap Water in Kampung Sungai Sekamat, Kajang”. *Procedia Environmental Sciences* 30: 354–57. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.063>.



Ciências da Saúde

Schullehner, Jörg, Leslie Stayner, e Birgitte Hansen. 2017. "Nitrate, Nitrite, and Ammonium Variability in Drinking Water Distribution Systems". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14 (3): 276. <https://doi.org/10.3390/ijerph14030276>.

Teixeira, Maria Glória, Maria da Conceição Nascimento Costa, Eduardo Hage Carmo, Wanderson Kleber de Oliveira, e Gerson Oliveira Penna. 2018. "Vigilância em Saúde no SUS - construção, efeitos e perspectivas". *Ciência & Saúde Coletiva* 23 (6): 1811–18. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018236.09032018>.

Torkzaban, Mehnoosh, Andrew Haddad, Jason K. Baxter, Vincenzo Berghella, William A. Gahl, e Huda B. Al-Kouatly. 2019. "Maternal Ornithine Transcarbamylase Deficiency, a Genetic Condition Associated with High Maternal and Neonatal Mortality Every Clinician Should Know: A Systematic Review". *American Journal of Medical Genetics Part A* 179 (10): 2091–2100. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.61329>.

Ward, Mary H., Theo M. deKok, Patrick Levallois, Jean Brender, Gabriel Gulis, Bernard T. Nolan, e James VanDerslice. 2005. "Workgroup Report: Drinking-Water Nitrate and Health—Recent Findings and Research Needs". *Environmental Health Perspectives* 113 (11): 1607–14. <https://doi.org/10.1289/ehp.8043>.

Ward, Mary, Rena Jones, Jean Brender, Theo de Kok, Peter Weyer, Bernard Nolan, Cristina

Villanueva, e Simone van Breda. 2018. "Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (7): 1557. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>.

WHO. World Health Organization. 1995. "Evaluation of certain food additives and contaminants. (Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)". 859. WHO Technical Report Series, 859. Geneve: WORLD HEALTH ORGANIZATION.

———. 2010. *Aluminium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. WHO/HSE/WSH/10.01/13. Geneve: World Health Organization.

———. 2017. *Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum*. Geneve: World Health Organization.

Willhite, Calvin C., Nataliya A. Karyakina, Robert A. Yokel, Nagarajkumar Yenugadhati, Thomas M. Wisniewski, Ian M.F. Arnold, Franco Momoli, e Daniel Krewski. 2014. "Systematic Review of Potential Health Risks Posed by Pharmaceutical, Occupational and Consumer Exposures to Metallic and Nanoscale Aluminum, Aluminum Oxides, Aluminum Hydroxide and Its Soluble Salts". *Critical Reviews in Toxicology* 44 (sup4): 1–80. <https://doi.org/10.3109/10408444.2014.934439>.