



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

**PPGBC**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

**WESLEY STORCH**

**AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS NA ÁGUA POTÁVEL  
FORNECIDA À POPULAÇÃO URBANA DE ALTAMIRA E O SEU POSSÍVEL  
IMPACTO EPIDEMIOLÓGICO SOBRE DOENÇAS CRÔNICAS RENAIS**

Orientador: Prof. Dr. Adenilson Leão Pereira

Coorientador: Prof. Dr. Kleber R. Freitas Faial

ALTAMIRA/PA  
ABRIL/2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE CONSERVAÇÃO**

WESLEY STORCH

**AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS NA ÁGUA POTÁVEL  
FORNECIDA À POPULAÇÃO URBANA DE ALTAMIRA E O SEU POSSÍVEL  
IMPACTO EPIDEMIOLÓGICO SOBRE DOENÇAS CRÔNICAS RENAIS**

Dissertação a apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Adenilson Leão Pereira

Coorientador: Prof. Dr. Kleber R. Freitas Faial

ALTAMIRA/PA  
ABRIL/2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S884a Storch, Wesley.  
Avaliação da presença de metais pesados na água potável  
fornecida à população urbana de Altamira e o seu possível impacto  
epidemiológico sobre Doenças Crônicas Renais / Wesley Storch. —  
2024.  
69 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Adenilson Pereira Leão  
Coorientador(a): Prof. Dr. Kleber R. Freitas Faial  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação  
em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2024.
1. Metais pesados. 2. Mercúrio. 3. Doenças Crônicas  
Renais. 4. Diabetes. 5. Hipertensão. I. Título.

CDD 614.5

---

WESLEY STORCH

**AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS NA ÁGUA POTÁVEL  
FORNECIDA À POPULAÇÃO URBANA DE ALTAMIRA E O SEU POSSÍVEL  
IMPACTO EPIDEMIOLÓGICO SOBRE DOENÇAS CRÔNICAS RENAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Data da aprovação: 30 / 04 / 2024

**Banca Examinadora:**

---

Dr. Felipe Rodolfo Pereira da Silva

Examinador externo - UFPA

---

Dr. Emil José Hernández Ruz

Examinador interno - UFPA

---

Dr. José Rogério de Souza Monteiro

Examinador externo – UFPA

**Dedicatória**

Dedico este trabalho a Deus; sem Ele eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho; aos meus pais, pois é graças ao seu esforço que hoje posso concluir o mestrado; a minha esposa e filhos, razão do meu viver.

Não há exemplo maior de dedicação do que o da nossa família. À minha querida família, que tanto admiro, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso.

Assim como a água reflete o rosto,  
o coração reflete quem somos nós.

Provérbios 27:19

## **Agradecimentos**

A Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

Ao meu orientador Professor Dr. Adenilson Leão Pereira e ao meu Coorientador Professor Dr. Kleber Raimundo Freitas Faial, pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

Ao Professor Msc. Denis Vieira Gomes Ferreira pelas valiosas contribuições nas análises estatísticas.

Ao médico nefrologista Professor Msc. Leonardo de Oliveira Rodrigues da Silva, pelas valiosas contribuições durante as análises e coleta de dados dos prontuários.

Ao Caíque Guimarães Cabral pelo auxílio e apoio durante as coletas dos dados.

Aos meus pais José Leido Storch e Leni Lima Storch pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Às minhas irmãs Sara e Sandra pela amizade e atenção dedicadas quando sempre precisei.

À minha querida esposa Eliza e aos meus filhos Wedley e Lindsey pelo seu amor incondicional e por compreender minha dedicação ao projeto de pesquisa.

À enfermeira Flávia Viel de Sousa e a auxiliar administrativo Vânia Oliveira de Sousa, colaboradoras do setor de Hemodiálise do HRPT.

A todos os meus amigos do curso de Pós-graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Não menos importante, um especial agradecimento à Secretaria de Saúde do Estado do Pará (SESPA) e ao Hospital Regional Público da Transamazônica (HRPT) pela autorização ao acesso aos prontuários médicos; à Universidade Federal do Pará, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação (ROPESP), ao PPGBC e ao seu corpo docente, por todo apoio e logística, pelo comprometimento com a qualidade e excelência do ensino e pesquisa, o meu muito obrigado!

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Município de Altamira, Estado do Pará, Brasil. Município de Altamira e os pontos de coleta das amostras de água. Legenda: Pontos: Preto = Residência, Captação e ETA; Azul = Reservatórios Apoiadores de Distribuição-RAP .....	26
Figura 2 - Município de Altamira e o seu Sistema de Abastecimento de Água potável. Azul = abastecimento constante; Amarelo = abastecimento deficitário; Laranja = não possui abastecimento.....	27
Figura 3 - Pontos de coleta das amostras: A1 e A2) Captação; B) Estação de tratamento; C) RAP e D) Residências.....	28
Figura 4 - Taxa de mortalidade por 100.000 habitantes de Altamira. $R^2$ = porcentagem de casos que explica o crescimento ao longo do tempo. Regressões lineares, representadas por linhas vermelha: diabetes; verde: doença hipertensiva; e azul: insuficiência renal. ....	38
Figura 5 - Comparação do diagnóstico entre os sexos masculino e feminino.....	41
Figura 6 - Fonte: o autor, com dados do DATASUS. (2022).....	41
Figura 7 - Distribuição dos casos pela presença ou não de hipertensão arterial (has).....	42
Figura 8 - Distribuição dos casos pela presença ou não de diabetes (diab).....	42
Figura 9 - Distribuição dos casos pela presença ou não de hipertensão e diabetes (has_diab).. .....	43
Figura 10 - Distribuição dos casos pelo óbito.....	43
Figura 11 - Distribuição dos casos por bairro.....	44
Figura 12 - Distribuição dos casos por rede de distribuição de água.....	44
Figura 13 - Quantidade de casos de doentes renais crônicos em situação de diálise na Região Xingu, Altamira e sua proporção .....	45
Figura 14 - Prevalência de casos de doença renal crônica na Região Xingu e em Altamira....	46

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde. ....	32
Tabela 2 - Dados sociodemográficos dos pacientes renais crônicos que realizaram tratamento hemodialítico no HRPT da região do Xingú e da cidade de Altamira no Pará, Brasil, 2007/23 (n=403).....	39
Tabela 3 - Distribuição dos pacientes de acordo com histórico clínico da doença renal. Dados do HRPT duas clínicas da região do Xingú e da cidade de Altamira no Pará, Brasil, 2007/23 (n=403).....	40

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Localização dos pontos de amostragem de água. Município de Altamira/PA. ....	30
Quadro 2 - Resultados dos metais pesados das 24 amostras de água coletadas no Rio Xingu, sistema de captação e tratamento de água da cidade, reservatórios de apoio e residências em três bairros com abastecimento permanente .....	36

## RESUMO

O rio Xingu é crucial para o abastecimento de água potável em Altamira, mas enfrenta riscos de poluição por metais pesados, especialmente mercúrio, devido à mineração ilegal e atividades da UHBM. O mercúrio pode bioacumular em humanos e estar associado ao aumento do risco de hipertensão e doenças renais. Este estudo avaliou a presença de metais pesados na água potável de Altamira e traçou o perfil epidemiológico de doenças renais crônicas (DRC) em Altamira e região do Xingu. Foram medidas as concentrações de Al, As, Cr, Cd, Pb, Fe e Hg em 24 amostras de água coletadas em julho de 2022, usando ICP/MS pelo Instituto Evandro Chagas, comparando com os limites da legislação brasileira e da OMS. Dados de mortalidade por DRC, diabetes mellitus (DM) e hipertensão arterial sistêmica (HAS) entre 2000 e 2020 foram analisados utilizando dados públicos do DATASUS. Além disso, dados de prontuários de pacientes com DRC tratados no HRPT de 2007 a 2023 também foram analisados. As concentrações de metais nas amostras de água analisadas estiveram dentro dos limites estabelecidos, exceto pelo alumínio (Al) que demonstrou-se elevado em duas amostras de água. Os dados de mortalidade obtidos do DATASUS entre 2000 e 2020 demonstraram um aumento significativo da mortalidade por HAS em Altamira ( $R^2=0,80$ ), enquanto a mortalidade por DRC ( $R^2=0,30$ ) e DM ( $R^2=0,31$ ) teve um impacto menor na taxa de mortalidade no período estudado. Considerando os dados dos prontuários médicos de pacientes com DRC tratados no HRPT, foi possível identificar que entre 2007 e 2023, 174 pacientes com DRC tratados no HRPT eram de Altamira, sendo 64,4% homens e 35,6% mulheres. Quanto à idade, 48,85% possuíam mais de 60 anos e 36,78% possuíam entre 41 e 60 anos. A principal comorbidade associada à DRC foi HAS (56,90%), seguida pela associação de HAS e DM (36,94%). Altamira apresentou uma prevalência média de 8,99 casos por 100 mil habitantes e uma incidência média de 10,24 casos novos por ano de DRC no período analisado. Na região do Xingu, foram identificados 403 casos de DRC, com predominância em homens (61,5%) com média de idade de 60 anos. A principal comorbidade associada à DRC foi HAS (49,88%), seguida pela associação de HAS e DM (37,47%). A prevalência média de DRC na região foi de 6,97 casos por 100 mil habitantes e uma incidência média de 23,70 casos novos por ano de DRC no período analisado. Os níveis de metais nas amostras de água analisadas estão dentro dos limites recomendados pela legislação brasileira e pela OMS. A alta prevalência de DRC em Altamira e na região do Xingu levanta preocupações sobre impactos na saúde pública. A contaminação histórica por mercúrio pode estar relacionada à alta mortalidade por HAS e à prevalência de DRC associada à HAS. Esses resultados ressaltam a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade da água e de políticas públicas para mitigar os impactos da DRC na região.

**Palavras-chave:** Metais pesados, Mercúrio, Doenças Crônicas Renais, Diabetes, Hipertensão.

## ABSTRACT

The Xingu River is crucial for potable water supply in Altamira, but it faces risks of heavy metal pollution, especially mercury, due to illegal mining and UHBM activities. Mercury can bioaccumulate in humans and be associated with an increased risk of hypertension and kidney diseases. This study evaluated the presence of heavy metals in Altamira's drinking water and outlined the epidemiological profile of chronic kidney disease (CKD) in Altamira and the Xingu region. Concentrations of Al, As, Cr, Cd, Pb, Fe, and Hg were measured in 24 water samples collected in July 2022, using ICP/MS by the Evandro Chagas Institute, compared to Brazilian legislation and WHO limits. Mortality data from CKD, diabetes mellitus (DM), and systemic arterial hypertension (SAH) from 2000 to 2020 were analyzed using public data from DATASUS. Additionally, medical records of CKD patients treated at HRPT from 2007 to 2023 were analyzed. The concentrations of metals in the analyzed water samples were within established limits, except for aluminum (Al), which was elevated in two water samples. Mortality data obtained from DATASUS between 2000 and 2020 showed a significant increase in mortality due to SAH in Altamira ( $R^2=0.80$ ), while mortality from CKD ( $R^2=0.30$ ) and DM ( $R^2=0.31$ ) had a smaller impact on the mortality rate during the studied period. Considering the medical records of CKD patients treated at HRPT, it was identified that between 2007 and 2023, 174 CKD patients treated at HRPT were from Altamira, with 64.4% men and 35.6% women. Regarding age, 48.85% were over 60 years old, and 36.78% were between 41 and 60 years old. The main comorbidity associated with CKD was SAH (56.90%), followed by the association of SAH and DM (36.94%). Altamira presented an average prevalence of 8.99 cases per 100,000 inhabitants and an average incidence of 10.24 new cases per year of CKD during the analyzed period. In the Xingu region, 403 CKD cases were identified, predominantly in men (61.5%) with an average age of 60 years. The main comorbidity associated with CKD was SAH (49.88%), followed by the association of SAH and DM (37.47%). The average prevalence of CKD in the region was 6.97 cases per 100,000 inhabitants, with an average incidence of 23.70 new cases per year of CKD during the analyzed period. The levels of metals in the analyzed water samples are within the limits recommended by Brazilian legislation and WHO. The high prevalence of CKD in Altamira and the Xingu region raises concerns about public health impacts. Historical mercury contamination may be related to the high mortality from SAH and the prevalence of CKD associated with SAH. These results emphasize the need for continuous monitoring of water quality and public policies to mitigate the impacts of CKD in the region.

**Keywords:** Heavy metals, Mercury, Chronic Kidney Diseases, Diabetes, Hypertension.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 Região do Xingu e a cidade de Altamira .....	14
1.2 Mineração ilegal, UHBM e a contaminação do rio Xingu.....	14
1.3 Os metais pesados .....	16
1.4 Impacto dos metais pesados sobre a saúde humana .....	17
1.5 Doença Renal Crônica (DRC).....	20
<b>2. HIPÓTESE</b> .....	24
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	25
3.1 OBJETIVO GERAL .....	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	25
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	26
4.1 Área do estudo .....	26
4.2 Coleta e análise das amostras de água .....	28
4.3 Breve descrição do sistema existente de abastecimento de água (SAA) do município de altamira.....	29
4.4 Retirada das amostras.....	30
4.4.1 Procedimentos Operacionais Padrão do Instituto Evandro Chaves (POP/IEC).....	31
4.5 Análise de metais pesados .....	31
4.6 Análise Epidemiológica.....	32
4.6.1 Critérios de inclusão.....	32
4.6.2 Critérios de exclusão .....	33
4.6.3 Análise de dados epidemiológicos .....	33
4.6.4 Questões éticas .....	34
<b>5. RESULTADOS</b> .....	35
5.1 Análise dos Metais Pesados.....	35
5.2 Dados de DRC DATASUS (Informações Públicas) .....	37
5.2.1 Mortalidade por DRC em Altamira e Região do Xingu.....	37
5.3 Dados de drc oriundos dos prontuários dos pacientes do HRPT .....	39
5.3.1 Descrição dos dados dos pacientes com DRC.....	40
5.3.2 Prevalência de DRC na Região doXingu.....	45
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	47
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	51
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	52

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Região do Xingu e a cidade de Altamira**

O rio Xingu nasce a leste do estado do Mato Grosso e corta o Pará no sentido Sul/Norte até desaguar no Amazonas, percorrendo aproximadamente 1,8 mil km. Este rio dá nome à Região do Xingu que é composta por dez municípios, sendo eles: Altamira, Anapú, Brasil Novo, Medicilândia, Pacajá, Placas, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Uruará e Vitória do Xingu (BRASIL, 2010).

O município de Altamira possui área estimada em 159.533,306 km<sup>2</sup>, abrigando uma população de 126.279 pessoas, com densidade demográfica de 0,79 hab/km<sup>2</sup>, conforme os dados demográficos mais recentes de 2022. Indivíduos com idade entre 6 a 14 anos possuem índice de escolaridade de 93,1%, enquanto que o índice de desenvolvimento humano estimado para o ano de 2010 obteve IDH = 0.665, o que pode ser considerado um índice de desenvolvimento médio (IBGE, 2022). O IDH está dividido em quatro níveis: desenvolvimento humano muito elevado (0,8-1,0), desenvolvimento humano elevado (0,7-0,79), desenvolvimento humano médio (0,55-0,70) e desenvolvimento humano baixo (abaixo de 0,55) (WORLD POPULATION PROSPECT, 2023).

Considerando o saneamento básico no município de Altamira, o diagnóstico do abastecimento de água potável produzido pela prefeitura do município em 2021, a situação do abastecimento de água na cidade foi classificada como: constante, deficitária e sem abastecimento, sendo: 162,91 km (53,7%) de rede de abastecimento constante, 82,90 km (27,3%) deficitário e 57,52 km (18,9%) sem abastecimento (ESTRONIOLI, 2022; INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL & MOVIMENTO DOS ATINGIDOS POR BARRAGENS, 2022). Quanto ao uso das águas do rio Xingu para abastecimento da população urbana de Altamira, é importante destacar que a cidade é parcialmente abastecida pela captação de água do rio, que é distribuída a população urbana (ESTRONIOLI, 2022; INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL & MOVIMENTO DOS ATINGIDOS POR BARRAGENS, 2022).

### **1.2 Mineração ilegal, UHBM e a contaminação do Rio Xingu**

A mineração ilegal é uma das principais fontes de emissão de metais pesados. O mercúrio, utilizado para amalgamar partículas de ouro, contamina o ar e a água quando descartado inadequadamente (Crespo-Lopez et al., 2021). A mineração e o desmatamento perto

dos rios expõem o solo à erosão, facilitando a transferência de metais para os corpos d'água via lixiviação. Nos rios, microrganismos podem metilar o mercúrio, que então se integra à cadeia alimentar aquática por bioacumulação (Ramos et al., 2020; Crespo-Lopez et al., 2021; Vasconcelos et al., 2021; Meneses et al., 2022; De Sousa et al., 2022; Souza-Araujo et al., 2022).

Entre as principais atividades econômicas praticadas no rio Xingu, está a extração de minério, que em sua maioria é realizada de forma artesanal, irregular e/ou ilegal (LOBO *et al.*, 2019). De acordo com o Ministério Público Federal, quase todos os estados da Amazônia legal (Pará, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Tocantins e Mato Grosso) apresentam atividade ilegal de mineração (MPF, 2020). Atualmente, existem apenas duas áreas legalizadas de mineração de ouro na Bacia do Rio Xingu. A primeira está localizada no município de Cumaru do Norte, estado do Pará, instalada na bacia hidrográfica do Rio Arraias, um afluente da margem direita do Rio Xingu; e outra, localizada no município de Marcelândia, estado do Mato Grosso, e que abrange os afluentes da margem esquerda do Rio Xingu (ALTAMIRA, 2022).

No município de Altamira, destaca-se a área de mineração localizada no distrito de Três Palmeiras na parte sudoeste do município, com tradição histórica de garimpo manual ou semimecanizado de ouro, e em sua maioria, de minas irregulares. De acordo com a Agência Nacional de Mineração, outros minerais, como cassiterita, estanho, chumbo, cobre, areia, saibro e cascalho, também apresentaram pedidos de lavra por empresas mineradoras com interesse em realizar pesquisa e exploração desse material na região. Por exemplo, as vilas de Canopules e Cabocla são as que mais extraem cassiterita na região (ALTAMIRA, 2022). Os minerais de maior interesse e explorados considerando a arrecadação pela Agência Nacional de Mineração, são: areia, cascalho, granito e ouro. Além disso, nos últimos anos houve um aumento no número de solicitações de licenças para exploração de ouro, principalmente de cooperativas locais nas áreas de Castelo de Sonhos e Cachoeira da Serra (ALTAMIRA, 2022).

Entre 2018 e junho de 2023, o garimpo ilegal expandiu 12,7 mil hectares na bacia do Xingu, sendo 82% dentro de unidades de conservação (ISA & REDE XINGU+, 2023). Nesse período, surgiram seis novos focos de garimpo em cinco unidades de conservação e dez novos focos em três Terras Indígenas, além da reativação e expansão de 11 garimpos antigos (REDE XINGU+ NETWORK, 2021). A extração ilegal de ouro com maquinário pesado aumenta a turbidez das águas do rio (LOBO et al., 2017; LOBO et al., 2019) e o uso de mercúrio para separar o ouro dos rejeitos, seguido de descarte inadequado, causa danos à saúde humana e ao meio ambiente (RIBEIRO et al., 2017). Além disso, os reservatórios da UHBM podem acumular ou dissipar metais pesados como Al, As, Cr, Cd, Pb, Fe e Hg, intensificando a

contaminação do rio (BAI et al., 2009; RIBEIRO et al., 2017; CABRAL et al., 2021a; CABRAL et al., 2021b; CRESPO-LOPEZ et al., 2021; SOUSA et al., 2022).

### 1.3 Os metais pesados

Existem evidências de que o rio Xingu vem sendo alvo de contaminação por metais pesados e, entre eles, o mercúrio (LIMA et al., 2014; SOUZA-ARAÚJO et al., 2015; RIBEIRO et al., 2017; PIGNATI et al., 2018; DE SOUSA et al., 2022; SOUZA-ARAÚJO et al., 2022). Por exemplo, foi identificado que algumas espécies de peixes e a espécie de tracajá amazônica *Podocnemis unifilis*, presente no rio Xingu, apresentam concentrações de metilmercúrio, a forma orgânica do metal que possui alto poder de bioacumulação ao longo da cadeia alimentar, muito acima do recomendado pelos órgãos de regulação (PIGNATI et al., 2018; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021; BASTA et al., 2021; MENESES et al., 2022; SOUZA-ARAÚJO et al., 2015; 2022). Curiosamente, essas tartarugas representam uma importante fonte de alimento para as comunidades ribeirinhas amazônicas (REBELO et al., 2000; PANTOJA-LIMA et al., 2014). Portanto, existe uma preocupação sobre como os níveis elevados de MeHg poderá afetar a ecologia de *Podocnemis unifilis* e como seu consumo pelo homem pode aumentar a exposição ao Hg e o risco de contaminação (PIGNATI et al., 2018).

Estudos têm demonstrado que populações ribeirinhas do rio Tapajós, Bacia Amazônica, demonstram alterações psicofísicas somatossensoriais associadas à contaminação por mercúrio (KHOURY et al., 2013; 2015). Em um estudo recente, foi observado que a carga corporal de mercúrio em populações amazônicas foi de duas a dez vezes maior do que o recomendado pelos órgãos de controle e, para além disso, os principais problemas neurológicos foram déficit cognitivo, visual, motor, somatossensorial e emocional (ARRIFANO et al., 2018; BAKKER et al., 2021; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021). Outro fato importante, refere-se às comunidades próximas do rio Xingu, que vivem em áreas mais expostas ao mercúrio. Observou-se que essas populações apresentaram alguns sintomas semelhantes aos da intoxicação por mercúrio (SILVA-JÚNIOR et al., 2018).

A contaminação por metais pesados, como o mercúrio, representa um grave problema ambiental e de saúde pública na região amazônica, com a bioacumulação desses contaminantes sendo uma preocupação adicional. Essa contaminação é resultado tanto do descarte inadequado de efluentes industriais nos rios quanto do crescimento descontrolado do garimpo ilegal de ouro, que deixam um rastro de destruição no ambiente. Além disso, atividades humanas como desmatamento, queimadas de florestas e construção de hidrelétricas contribuem para aumentar

os níveis de contaminação por mercúrio nos corpos d'água. A exposição ao mercúrio, seja pela ingestão de água contaminada ou pelo consumo de peixes contaminados, é um risco significativo para a saúde das populações locais, podendo causar uma variedade de doenças. Os peixes contaminados são a principal fonte de exposição ao mercúrio para essas populações, tornando essa via de exposição a mais crítica (FIOCRUZ, 2023).

Existe uma grande preocupação com relação à saúde da população humana quanto à exposição a metais pesados, especialmente o mercúrio. De acordo com dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), o mercúrio figura entre os dez produtos químicos mais perigosos para a saúde humana, ele apresenta um alto poder de incorporação pelo o organismo podendo facilmente atingir o sistema nervoso central (CRESPO-LOPEZ et al., 2021). Entre as propriedades do mercúrio, está a capacidade de sua forma orgânica, o Metilmercúrio (MeHg), de se acumular ao longo da cadeia alimentar e causar a contaminação de pescado e o risco de contaminação de quem deles se alimenta, inclusive os seres humanos (CRESPO-LOPEZ et al., 2021).

Além do mercúrio, metais pesados como Alumínio (Al), Arsênio (Ar), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Ferro (Fe) também são perigosos a saúde, e quando há exposição aguda ou crônica a esses metais, eles podem provocar danos aos rins, causando as nefropatias com vários níveis de gravidade e disfunções tubulares como a síndrome de Fanconi adquirida e a insuficiência renal grave, levando ocasionalmente à morte (BARBIER et al., 2005; MOODY et al., 2018; JALILI et al., 2021). Quando estão presentes na água acima das concentrações toleráveis pelo organismo, o seu consumo prolongado e crônico pode causar comprometimento cardiovascular, neurológico e renal (LENTINI et al., 2017; BALALI-MOOD et al., 2021; CRESPO-LOPEZ et al., 2021; ZHANG et al., 2021; DE SOUSA et al., 2022).

#### **1.4 Impacto dos metais pesados sobre a saúde humana**

Os metais pesados são prejudiciais à saúde humana, e as atividades industriais e humanas e a industrialização moderna aumentaram a exposição a esses metais. A poluição da água e do ar causada por metais tóxicos é um problema ambiental que afeta centenas de milhões de pessoas em todo o mundo. A contaminação de alimentos com metais pesados é outro problema para a saúde humana e animal. Nesse sentido, há a necessidade de se avaliar a concentração desses metais na água que será consumida, ar e alimentos (MOUSAVI et al., 2013; GHORANI-AZAM et al., 2016; LUO et al., 2020).

Devido à sua capacidade de reabsorver e acumular metais bivalentes, o rim é o primeiro órgão a sofrer a toxicidade de metais pesados. A extensão do dano renal por esses metais depende da natureza, dose, via e duração da exposição (BARBIER et al., 2005; MOODY et al., 2018; JALILI et al., 2021). A exposição humana aos metais pesados possui efeitos tóxicos agudos e crônicos, que podem afetar diferentes órgãos do corpo. Por exemplo, o mercúrio pode causar lesões ao SNC, disfunção renal, ulceração gastrointestinal e hepatotoxicidade. O Pb, Cr, Cd e As também podem causar dano e disfunção nos rins e outros órgãos (BALALI-MOOD et al., 2021).

Diferentes efeitos tóxicos agudos e crônicos dos metais pesados afetam diferentes órgãos do corpo. Por exemplo, podem ocorrer distúrbios gastrointestinais e renais, distúrbios do sistema nervoso, danos à pele, danos aos vasos sanguíneos, disfunção do sistema imunológico, defeitos congênitos e câncer. Além disso, exposição simultânea a dois ou mais metais pode causar efeitos cumulativos (FERNANDES AZEVEDO et al., 2012; COBBINA et al., 2015; COSTA, 2019; GAZWI et al., 2020). A exposição a altas doses desses metais, especialmente o mercúrio e o chumbo, pode causar complicações graves, como cólicas abdominais, diarreia sanguinolenta e insuficiência renal (BERNHOF, 2012). A toxicidade e a carcinogenicidade dos metais pesados são dependentes da dose. Exposição a altas doses de metais pesados causa reações graves em animais e humanos, aumentando os danos ao DNA e distúrbios neuropsiquiátricos (GORINI et al., 2014).

O alumínio pode ser liberado no meio ambiente através de processos naturais, como a erosão natural do solo e a liberação de gases vulcânicos, bem como de atividades humanas, como mineração, agricultura e queima de carvão (ROSALINO, 2011). A ingestão de alumínio provém principalmente de produtos utilizados como suplementos e aditivos alimentares ou do uso regular de antiácidos e analgésicos que contêm alumínio em seus componentes (MARTINEZ, 2017). Alguns estudos demonstraram que beber água contendo alumínio pode trazer efeitos negativos à saúde, principalmente neurológico (ROSALINO, 2011). Sua concentração máxima permitida na água potável para consumo humano é de 0,2 mg/L de acordo com a Portaria GM MS nº 888 de 04/05/2021 do Ministério da Saúde.

O mercúrio (Hg) é um metal preocupante devido ao seu impacto ambiental variável. Tais efeitos nos ecossistemas estão relacionados às suas formas inorgânicas como o mercúrio elementar ( $Hg^0$ ) e forma orgânica como o metilmercúrio (MeHg) (LYMAN et al., 2020). O  $Hg^0$  é uma forma volátil que pode estar presente na atmosfera como parte do ciclo natural ou mesmo presente no meio ambiente por meio de atividades humanas como atividades industriais e de mineração (GUSTIN et al., 2020). O  $Hg^0$  pode ser oxidado e armazenado no solo em sua forma

inorgânica como íon mercúrio ( $\text{Hg}^{2+}$ ), também conhecido como mercúrio II. O desmatamento e as atividades relacionadas ao fogo podem ser importantes mobilizadores do Hg carregado no solo e na biomassa vegetal, que eventualmente se volatiliza nesse processo (GAMBY et al., 2015).

Este elemento pode ser afetado por microrganismos metiladores que produzem formas orgânicas de mercúrio, tornando o solo um local natural para o mercúrio (DRISCOLL et al., 2013). Em corpos d'água, a decomposição da matéria orgânica por bactérias redutoras de sulfato e microrganismos metanogênicos resulta na ligação covalente do mercúrio a radicais orgânicos por meio do processo de metilação (MAZRUI et al., 2016). As principais formas orgânicas produzidas são o MeHg e o dimetilmercúrio, acumulados em tecidos de animais expostos (YANCHEVA et al., 2016). Os processos de metilação e desmetilação ocorrem na água, com o primeiro predominando, levando as formas orgânicas à cadeia alimentar e acumulando-se nos tecidos (GENCHI et al., 2017). O MeHg é a principal forma orgânica encontrada nos organismos aquáticos, representando cerca de 80% da bioacumulação (CRESPO-LOPEZ et al., 2021). Em humanos, pode causar distúrbios neurológicos e possivelmente a morte (IBID, 2017).

Lino et al., (2019) ao estudar a contaminação de águas, sedimentos, plâncton e peixes por mercúrio no rio Tapajós (Amazônia-AP), observou que o elemento se acumulou nos organismos estudados e que a contaminação pode estar associada à mineração de ouro e locais de desflorestamento. Na pesquisa conduzida por Silva et al. (2019), foi estabelecida uma correlação entre a interferência do clima sazonal na região amazônica e a presença de poluição, bem como concentrações elevadas de mercúrio nos tecidos dos peixes durante as enchentes. Essa relação pode ser explicada pelo aumento notável no acúmulo de sedimentos e matéria orgânica, características distintivas da estação chuvosa na região. Este achado é de grande relevância, pois destaca a complexa interação entre os fenômenos climáticos sazonais e os impactos ambientais, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos desafios enfrentados na gestão e preservação dos ecossistemas aquáticos amazônicos.

Conforme Fillion et al (2006), o Mercúrio (Hg), um poluente mundial transportado por via aérea e água em todo o planeta, representa um desafio particular para a saúde global. Por um lado, o Hg é reconhecido como um dos contaminantes ambientais mais perigosos. Por outro lado, o peixe, um alimento muito nutritivo é o principal veículo para sua transmissão aos seres humanos em sua forma orgânica, metilmercúrio (MeHg). Para populações que dependem do peixe como principal fonte de proteína, isto representa um importante dilema de saúde pública, especialmente porque evidências recentes sugerem que o peixe pode ser tanto cardioprotetor

quanto cardiotoxíco, dependendo de sua contribuição para ácidos graxos essenciais e carga corporal de Hg.

O mercúrio nos ecossistemas terrestres também é uma preocupação. Um estudo realizado com pelos de felinos selvagens em uma área protegida do estado do Amazonas, constatou que os animais analisados (que são considerados no topo da cadeia alimentar) estavam contaminados com altos níveis desse metal (LOPES et al., 2020). Os efeitos do mercúrio na saúde humana também têm sido objeto de pesquisas científicas, principalmente em sociedades tradicionais onde o peixe é o alimento básico (DA SILVA-JUNIOR et al., 2018; HACON et al., 2020). Sua concentração máxima permitida na água potável para consumo humano é de 0,001 mg/L de acordo com a Portaria GM MS nº 888 de 04/05/2021 do Ministério da Saúde.

### **1.5 Doença Renal Crônica (DRC)**

A DRC, segundo Glassock et al. (2022), é caracterizada pela perda progressiva, insidiosa e inevitável da função renal. Essa condição resulta do comprometimento da função dos néfrons e, por conseguinte, da capacidade do rim em filtrar o sangue para manter a homeostase do organismo, e está associada à elevadas taxas de morbidade e mortalidade, além de demandar consideráveis recursos financeiros por parte do poder público. Isso resulta em impactos socioeconômicos significativos tanto no Brasil quanto no cenário global.

A fisiopatologia da DRC é multifacetada, envolvendo alterações nos glomérulos que diminuem gradualmente a taxa de filtração glomerular, comprometendo a capacidade renal de eliminar resíduos e regular o equilíbrio hidroeletrólítico (GLASSOCK et al., 2022). As causas primárias da DRC incluem hipertensão arterial, diabetes mellitus, glomerulonefrite crônica e rins policísticos (SOUZA et al., 2020).

De acordo com Marinho et al. (2020) associam a doença renal crônica principalmente à hipertensão arterial e ao diabetes mellitus, aumentando o risco de complicações vasculares como infarto agudo do miocárdio e acidente vascular encefálico. Indivíduos com nefropatias enfrentam elevado risco de mortalidade relacionada a doenças cardiovasculares em todos os estágios da evolução da condição renal.

Os metais pesados podem causar nefrotoxicidade por meio de vários mecanismos. A geração de espécies reativas de oxigênio é um dos principais caminhos, levando ao estresse oxidativo no tecido renal. Além disso, eles induzem o processo inflamatório que contribui para

os efeitos nefrotóxicos, causando danos celulares e disfunção renal (GONICK & DING, 2003; LENTINI et al., 2017; MOODY et al., 2018). O alumínio, arsênico, cromo, chumbo, cádmio, mercúrio, titânio e zinco são os metais mais bem documentados e associados à injúria renal aguda e a DCR (LUNYERA et al., 2017; TSAI et al., 2018; ABDELDAYEM et al., 2022; CAZA et al., 2022; GAO et al., 2022; WANG et al., 2022; WEI et al., 2022; HUANG et al., 2023; SMERECZAŃSKI et al., 2023). Por exemplo, após exposição aguda ao mercúrio, surge necrose tubular aguda, geralmente acompanhada de oligúria (redução na produção de urina). Na exposição crônica, o mercúrio é armazenado nos rins e induz lesão epitelial e necrose na parte reta do túbulo proximal. Além disso, o dano pode aumentar a secreção de urato, causar a vasoconstrição, e conseqüentemente, induzir glomeruloesclerose, hipertensão e fibrose intersticial (LENTINI et al., 2017; CAZA et al., 2022).

De acordo com Pagan et al. (2019), o mercúrio parece desempenhar um papel significativo na hipertensão arterial sistêmica (HAS). Estudos indicam que, devido à falta de mecanismos de excreção ativa do mercúrio pelo corpo humano, ocorre seu acúmulo no organismo, o que pode levar ao desenvolvimento da HAS. Esse processo é atribuído ao aumento do estresse oxidativo e à diminuição do óxido nítrico, causando disfunção mitocondrial e endotelial. Essas alterações, por sua vez, têm impactos no sistema cardiovascular, aumentando o risco de eventos como o infarto do miocárdio.

O relatório da Fundação Oswaldo Cruz (BASTA, 2024) examinou os efeitos da atividade garimpeira na Terra Indígena Yanomami, destacando a correlação entre níveis de mercúrio e hipertensão arterial sistêmica (HAS). Todos os casos de HAS registraram níveis de mercúrio acima de 2,0µg/g. Indivíduos com maior exposição ao mercúrio ( $\geq 2,0\mu\text{g/g}$ ) apresentaram uma média de pressão arterial sistólica de 110,03 mmHg. Esses resultados reforçam os riscos enfrentados pelos povos indígenas da Amazônia, incluindo eventos cardiovasculares graves, em linha com estudos anteriores (BASTA et al., 2021; HOUSTON, 2011; HU, SINGH & CHAN, 2018) que encontraram associações semelhantes entre exposição ao mercúrio e HAS.

Pesquisas sobre a presença de mercúrio em águas têm revelado concentrações que excedem os limites permitidos para água potável. Populações que consomem peixe ou outros produtos provenientes dessas áreas estão expostas ao risco de contaminação por mercúrio, e podem manifestar uma variedade de doenças, desde leves e graves associadas a contaminação. Essa problemática destaca a necessidade de monitoramento e regulamentação rigorosos das atividades poluidoras, para mitigar os impactos adversos do mercúrio na saúde humana e no meio ambiente (EL-KOWRANY et al., 2016).

No Brasil, estima-se que mais de dez milhões de pessoas tenham a doença renal crônica. Além disso, estima-se que 90 mil estão em diálise (um processo de estímulo artificial da função dos rins, geralmente quando os órgãos têm apenas 10% de funcionamento), número que cresceu mais de 100% nos últimos dez anos. Entre os fatores de risco para desenvolvimento dessa doença, está a hipertensão arterial. Interessantemente, as doenças renais crônicas e a hipertensão arterial têm sido associadas ao acúmulo de mercúrio no organismo pelo consumo de produtos contaminados (AASETH et al., 2021). A doença renal crônica (DRC) tem sido reconhecida como um problema mundial de saúde pública.

Amboni et al. (2023), analisaram dados sobre o perfil epidemiológico dos pacientes com Doença Renal Crônica (DRC) da cidade de Mafra-SC e o resultado desta análise revelou que, no estado do Rio Grande do Sul, a maioria dos 183 pacientes em hemodiálise tinha idade superior a 60 anos (55,2%), com predominância masculina (63,4%) e baixa escolaridade (80,3%), além de apresentarem condições clínicas como hipertensão (35%), diabetes mellitus (11,5%), e a coexistência de hipertensão arterial sistêmica e diabetes mellitus (37,2%) (PRETTO et al., 2020). Quanto à prevalência da DRC no Brasil, há incertezas nos dados, mas estudos estimam que em 2017 havia 61,9 pacientes em diálise crônica por mil habitantes, com uma taxa anual de mortalidade de 19,9%. A hemodiálise foi a modalidade de terapia renal substitutiva mais utilizada (93,1%), com o cateter venoso como método predominante em 22,6% dos casos (MARINHO et al., 2017; THOMÉ et al., 2017).

Entre as alternativas de terapia renal substitutiva, a hemodiálise é a opção mais prevalente, sendo escolhida por 93,1% dos pacientes com doença renal crônica em 2017 (PRETTO, et al. 2020). De acordo com Crews et al. (2019), uma parcela significativa dos pacientes que desenvolvem insuficiência renal, situando-se entre 24% e 48%, tem idade superior a 64 anos.

Embora existam algumas pesquisas nacionais sobre o tema, como a Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílios (PNAD), o Estudo Longitudinal da Saúde do Adulto (ELSA/Brasil) e o Inquérito Brasileiro de Diálise Crônica, é crucial realizar estudos específicos em comunidades locais para compreender melhor a realidade e desenvolver estratégias mais eficazes e personalizadas de intervenção. Conforme destacado por Pretto e colaboradores (2020), é necessário avaliar o perfil sociodemográfico dos pacientes e seus hábitos de vida para uma abordagem mais direcionada, enfatizando a importância da terapia substitutiva renal.

Diante de todo o exposto, e da alta frequência do diagnóstico tardio, entende-se que há necessidade de se investir na busca ativa das pessoas em risco de desenvolver DRC como, por

exemplo, pessoas com hipertensão arterial sistêmica (HAS) e com Diabetes Mellitus (DM), doenças de base mais prevalentes para DRC (ALVES et. al, 2017).

Neste cenário, sabendo que a água do rio Xingu podem estar contaminadas por metais pesados e que este abastece as casas da população urbana de Altamira, estudos que avaliem a presença desses metais e a sua possível relação com doenças renais crônicas, são de fundamental importância para esta população. Vale ressaltar que não existe nenhum estudo que demonstre o perfil epidemiológico de doenças renais para a região do Xingu. Portanto, existe uma necessidade urgente de estudos que avaliem e quantifiquem as concentrações de metais pesados na água potável de torneira fornecida pelo órgão de saneamento do Município de Altamira à população urbana deste município, com o intuito de verificar se as concentrações de metais pesados são aceitáveis ou se estão acima do estabelecido por órgãos regulatórios e, caso seja identificadas concentrações acima do estabelecido, qual a possível relação existente com o elevado índice de doenças renais crônicas observadas no HRPT.

## **2. HIPÓTESE**

A água potável recebida e/ou consumida pela população urbana de Altamira, proveniente do rio Xingu, pode estar contaminada por metais pesados, elevando o índice de doenças renais crônicas observadas no município.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a presença de metais pesados na água potável consumida pela população urbana de Altamira/PA e sua relação com doenças crônicas renais.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

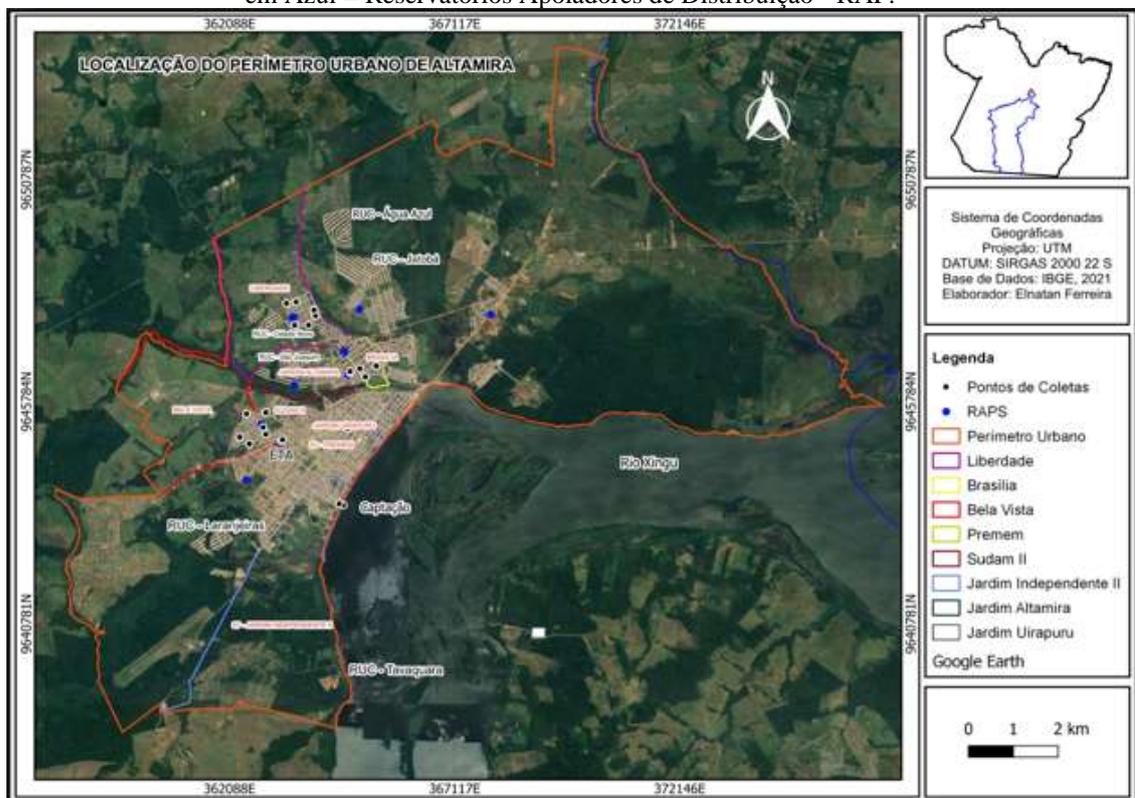
- Avaliar a presença de traços de metais pesados em água potável fornecida e consumida pela população urbana de Altamira;
- Identificar e quantificar os tipos de metais pesados que podem estar presentes na água potável consumida pela população urbana de Altamira;
- Comparar os possíveis níveis contaminação com os níveis e valores recomendados pela OMS e resolução CONAMA vigente;
- Avaliar o perfil epidemiológico de doenças crônicas renais no município de Altamira e região do Xingu;

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área do estudo

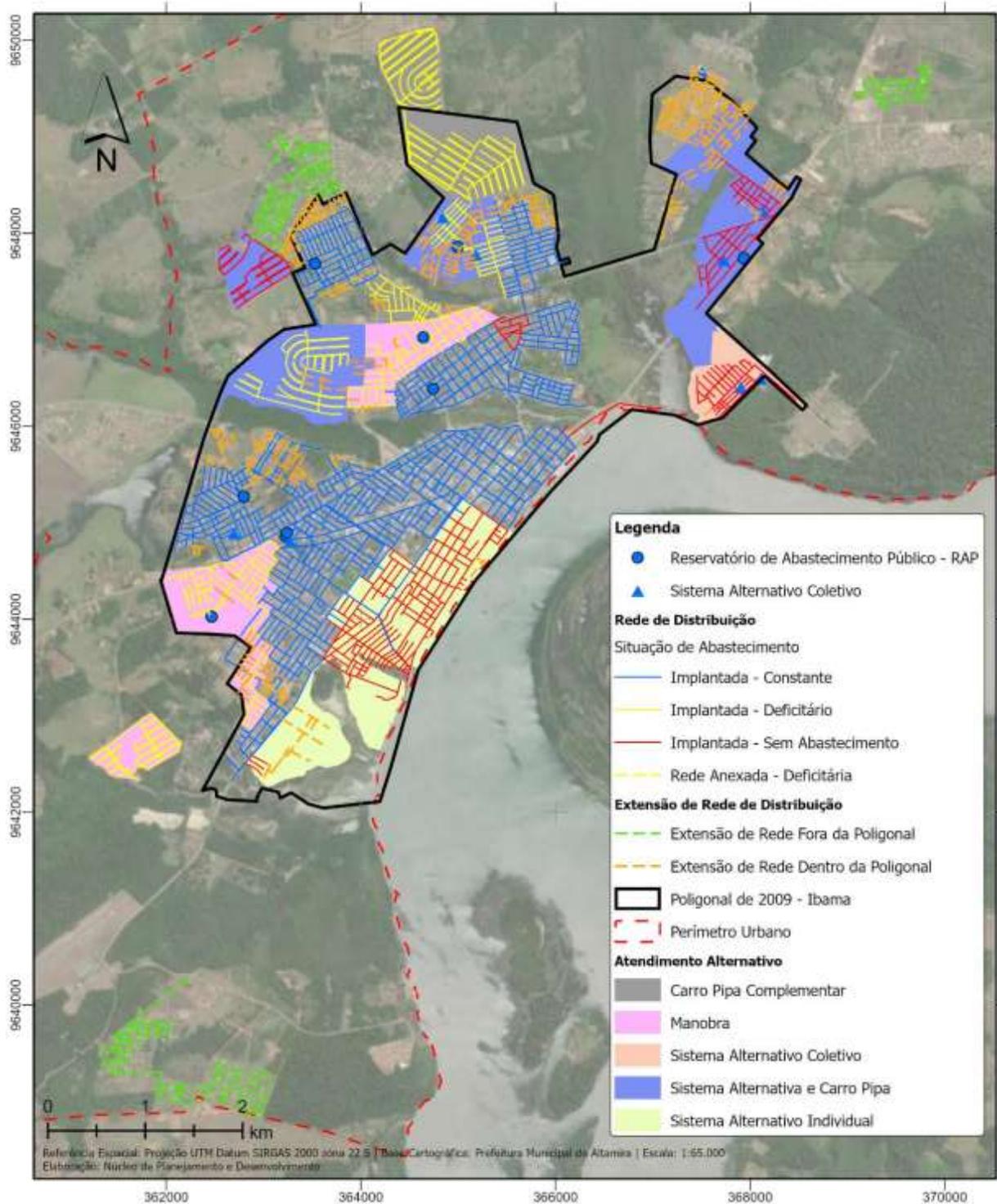
A pesquisa foi realizada na área urbana de Altamira, município este diretamente afetado pela implantação da UHE Belo Monte, região Xingu, estado do Pará. O município tem uma população residente de 126.279 habitantes em 2022 (IBGE, 2022), e é diretamente banhado pelo Rio Xingu e, cortado pela Rodovia BR 230 (Rodovia Transamazônica) (Figuras 1 e 2).

**Figura 1** - Município de Altamira, Estado do Pará, Brasil. Município de Altamira e os pontos de coleta das amostras de água. Legenda: Círculos em preto = Residência, Captação e Estação de Tratamento - ETA; em Azul = Reservatórios Apoiadores de Distribuição - RAP.



Fonte: Sistema de Coordenadas Geográficas, Projeção: UTM, DATUM: SIRGAS 2000 22 S, Base de Dados: IBGE, 2021.

**Figura 2** - Município de Altamira e o seu Sistema de Abastecimento de Água potável. Em azul = abastecimento constante; Em amarelo = abastecimento deficitário; Em laranja = não possui abastecimento.



Fonte: Núcleo de Planejamento e Desenvolvimento – Prefeitura de Altamira. Projeção: UTM, DATUM: SIRGAS 2000 22 S.

## 4.2 Coleta e análise das amostras de água

O estudo analítico da presença de traços de metais pesados foi desenvolvido em amostras de água coletadas em 24 pontos de amostragem na área urbana de Altamira, onde a situação do sistema de abastecimento de água é constante (Figura 1A-B). Os pontos de coleta foram divididos da seguinte forma: 19 amostras coletadas em residências da região urbana da cidade de Altamira, dois pontos na área de captação das águas do Rio Xingu (lâmina e fundo do Rio), dois pontos na estação de tratamento e em três pontos nos reservatórios de apoio (RAPs) de distribuição (Figura 3).

**Figura 3** - Pontos de coleta das amostras: A1 e A2) Área de captação; B) Estação de tratamento; C) Reservatório de Apoio (RAP) e D) Residências.





Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

#### **4.3 Breve descrição do sistema existente de abastecimento de água (SAA) do município de Altamira**

O Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Altamira está sendo operado pela Coordenadoria de Saneamento de Altamira (COSALT), que assumiu o saneamento da cidade após 2015, substituindo a COSANPA. O sistema de abastecimento atual conta com duas unidades de captação, em que, as duas unidades captação utilizam água do Rio Xingu. O Sistema Produtor de Água tratada conta atualmente com duas Estações de tratamento (ETAs) instaladas em uma mesma área, denominadas de antiga ETA e nova ETA. A distribuição de água tratada é feita a partir de 11 reservatórios. Com a ampliação do Sistema de Abastecimento de Água, a cidade foi dividida em 9 Setores de Abastecimento, a saber: Mirante, Ibiza, Brasília, Bela Vista, Mutirão, Liberdade, Colinas, Alberto Soares e ETA-Centro. Cada setor possuindo ao menos um centro de reserva (RAP).

O Quadro 1 mostra a localização em coordenadas dos pontos de amostragem de água na cidade, nos bairros Bela Vista, Brasília, Liberdade, Premem, na ETA (estação de tratamento de água) e captação no Rio Xingú.

**Quadro 1** - Localização dos pontos de amostragem de água. Município de Altamira/PA.

AMOSTRAS	LOCAL/BAIRRO	COORDENADAS S/W			AMOSTRAS	LOCAL/BAIRRO	COORDENADAS S/W		
		GRAU	MIN.	SEG.			GRAU	MIN.	SEG.
R 01	BELA VISTA	3	12	26	R 11	LIBERDADE	3	11	18
		52	14	16			52	13	41
R 02		3	12	22	R 12		3	11	2
		52	14	2			52	13	47
R 03		3	12	45	R 13		3	11	1
		52	14	14			52	13	40
R 04		3	12	40	R 14		3	11	11
		52	14	21			52	13	26
R 05		3	12	38	R 15		3	11	18
		52	14	2			52	13	31
RAP 18		3	12	33	RAP 20		3	11	7
		52	14	4			52	13	27
R 06	BRASÍLIA	3	11	50	R 16	ETA	3	12	43
		52	12	54			52	13	51
R 07		3	11	48	R 17		3	12	42
		52	12	42			52	13	50
R 08		3	11	56	R 21	CAPTAÇÃO	3	13	30
		52	12	50			52	13	6
R 09		3	11	1	R 22		3	13	29
		52	13	4			52	13	9
R 10		3	11	53	R 23	PREMEM	3	12	34
		52	13	6			52	13	3
RAP 19		3	11	52	R 24		3	12	38
		52	13	1			52	13	57

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nota: R – Residência; RAP - Reservatórios apoiados de distribuição.

#### 4.4 Retirada das amostras

Os procedimentos para a retirada de amostras de águas atenderam as orientações e recomendações estabelecidas em métodos internacionais, nacionais e legislações nacionais, dentre os quais, citam-se:

- Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências;
- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos (ANA, 2011);
- Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõem sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano que não ofereça riscos à saúde.

#### 4.4.1 Procedimentos Operacionais Padrão do Instituto Evandro Chaves (POP/IEC)

Para retirada de amostra em sistema de distribuição de água potável e água para consumo humano:

- 1) Anotar no formulário de retirada de amostras, o endereço completo do local e se possível tomar as coordenadas (latitude e longitude), através de GPS e fotografar o local da coleta;
- 2) Calçar as luvas descartáveis;
- 3) Caso o local de retirada seja a torneira, higienizar a saída da água com álcool 70° GL, posteriormente, deixar escoar a água por período suficiente para eliminar todo resíduo que possa vir a interferir na análise da amostra;
- 4) Remover a tampa do frasco de coleta com todos os cuidados de assepsia, tomando precauções para evitar a contaminação da amostra pelos dedos ou outro material;
- 5) Realizar o ambiente no frasco de coleta com a água que será coletada, enxaguando-o e despejando o líquido;
- 6) Encher o frasco deixando um espaço vazio para homogeneização de 2,5 a 5 cm da tampa;
- 7) Fechar o frasco imediatamente após a retirada da amostra;
- 8) Identificar a amostra no frasco e preencher o formulário FO SAMAM 10.2-001 – FORMULÁRIO DE RETIRADA E INSPEÇÃO DE AMOSTRAS AMBIENTAIS DA SEAMB;
- 9) Inserir as amostras na caixa térmica ou isotérmica e manter em temperatura de 0 a 6° C;
- 10) Preservar a amostra resfriada (0 a 6° C) em gelo até o seu transporte ao laboratório.

#### 4.5 Análise de metais pesados

As amostras de água foram coletadas em frascos de polipropileno com tampa de rosca, fornecidos pelo laboratório do Instituto Evandro Chagas (IEC), identificadas, acondicionadas, armazenadas em caixa térmica e transportadas adequadamente para análise química no IEC, seguindo todas as normas e técnicas contidas nos Procedimentos Operacionais Padrão do Instituto Evandro Chaves (POP/IEC). Os ensaios analíticos ocorreram no equipamento de Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), utilizando o

método padrão SM-3125B (RICE; BAIRD; EATON, 2017). Para o controle de qualidade dos ensaios, foi utilizado o Material de Referência Certificado de Água (Trace Element in Natural Water, Sigama-Aldrich, NIST-1640a).

As concentrações de metais pesados foram comparadas aos limites fixados e estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Portaria GM MS nº 888 de 04/05/2021.

**Tabela 1** - Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde.

<b>TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE.</b>		
<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP (1)</b>
Alumínio	mg/L	0,2
Arsênio	mg/L	0,01
Cádmio	mg/L	0,003
Cromo	mg/L	0,05
Chumbo	mg/L	0,01
Ferro	mg/L	0,3
Mercúrio	mg/L	0,001

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). Portaria GM MS nº 888 de 04/05/2021

Nota: (1) Valor máximo permitido.

#### **4.6 Análise Epidemiológica**

O levantamento epidemiológico foi realizado para todos os pacientes registrados e atendidos pelo Hospital Regional Público da Transamazônica, abrangendo Altamira e demais municípios da região do Xingu, com pacientes diagnosticados com doença renal crônica de 2007 a 2023, independentemente da idade.

##### **4.6.1 Critérios de inclusão**

Serão incluídos no estudo pacientes diagnosticados com doença renal crônica residentes a mais de 10 anos no município de Altamira e independente da idade, em tratamento conservador ou diálise.

#### 4.6.2 Critérios de exclusão

Serão excluídos do estudo, pacientes com diagnósticos com doença renal crônica causada por intoxicação medicamentosa ou química, infecções, doenças autoimunes e traumas.

#### 4.6.3 Análise de dados epidemiológicos

A presente análise examina os dados epidemiológicos de pacientes renais crônicos atendidos no Hospital Regional Público da Transamazônica entre 2007 a 2023. Com uma amostragem de 403 pacientes, este estudo buscou oferecer insights sobre a distribuição demográfica, comorbidades prevalentes, padrões epidemiológicos e desfechos clínicos relacionados à doença renal crônica (DRC) nesta região.

Os dados sociodemográficos foram extraídos para análise das variáveis sexo, idade, hipertensão, diabetes e associação de ambas, pacientes em diálise, ano de diagnóstico da doença, ano do óbito, município, bairro e tipo de rede de distribuição de água.

Os dados demográficos foram coletados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), onde se obteve a quantidade de populacional em cada ano do estudo. E os dados de notificação de agravo foram coletados do DATASUS (Tabwin), onde coletados a quantidade de casos por ano de diagnóstico e município de residência.

Os dados foram tabulados em planilhas no software Excell (Office 369, Microsoft) e as análises conduzidas no software R (versão 4.3.1) e sua IDE RStudio (2023.12.0 Build 369).

A incidência de agravo foi calculada com o quociente do número de casos novos no ano corrente pela população do município no mesmo ano, multiplicado pelo fator 100.000. A prevalência do agravo foi calculada com quociente do número de casos no período de estudo pela população do município no mesmo período, multiplicado pelo fator 100.000.

Para as análises inferenciais foi considerado  $P\text{-valor} < 0.05$ , poder do teste de 95%, correlação de Pearson e colinearidade entre os resíduos das análises. Foram realizados teste Qui-quadrado para associação e proporcionalidade de variáveis categóricas, modelo de regressão logística para verificação de desfecho e razão de chance para possibilidade de ocorrência do agravo.

Também se conduziu análise multivariada, do tipo análise de correspondência múltipla (MCA), pois categorizamos as variáveis e avaliamos a relação entre si, averiguando quais fatores podem ter maior influência entre as variáveis.

#### 4.6.4 Questões éticas

Para acesso aos dados de prontuários dos pacientes renais crônicos atendidos no Hospital Regional Público da Transamazônica (HRPT), o estudo foi submetido e aprovado pelos Comitês de Ética do Instituto de Saúde da UFPA (CAAE: 71992123.3.0000.0018) e do Instituto Evandro Chagas (CAAE: 71992123.3.0000.0019). O estudo também possui anuência e autorização da Secretaria de Saúde do Estado do Pará – SESPA/PA, sob a Protocolo n° 2023/2073709. Para assegurar a confidencialidade dos dados dos pacientes, o Termo de Compromisso de Utilização de Dados – TCUD (ANEXO I) foi devidamente assinado por todos os integrantes envolvidos na pesquisa.

Quanto aos dados epidemiológicos, foram levantados e analisados os dados dos prontuários médicos de pacientes renais crônicos atendidos no HRPT nos últimos 16 anos, ou seja, de 2007 a 2023.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Análise dos Metais Pesados

A análise de metais pesados é de crucial importância em estudos ambientais, pois esses elementos podem representar sérios riscos à saúde humana e ao ecossistema quando presentes em concentrações elevadas. Este estudo realizou a análise de metais pesados, incluindo alumínio, arsênio, cádmio, cromo, chumbo, ferro e mercúrio, em amostras coletadas no Rio Xingu, sistema de captação e tratamento de água da cidade, reservatórios de apoio e residências em três bairros com abastecimento permanente. As análises foram conduzidas no Laboratório do Instituto Evandro Chagas, em Belém, seguindo o método padronizado descrito pelo Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos (Método SMEWW, 3125 B).

Os resultados apresentados a seguir (QUADRO 2) estão em microgramas por litro ( $\mu\text{g/L}$ ), com o limite de quantificação (LQ) definido para cada metal. Os valores de referência utilizados foram estabelecidos de acordo com diretrizes ambientais reconhecidas. Os dados aqui apresentados são essenciais para avaliar o potencial impacto ambiental e de saúde pública na região estudada.

É importante ressaltar que valores abaixo do limite de quantificação foram registrados como "< LQ", indicando a presença do metal abaixo do nível detectável pelo método analítico utilizado. Tais resultados são igualmente relevantes, pois indica que o metal está presente na amostra, mas em uma quantidade tão baixa que não pode ser especificamente quantificado pelo método utilizado. Em outras palavras, o método não é sensível o suficiente para detectar ou medir com precisão essas pequenas quantidades do metal.

Os resultados da análise de metais pesados revelaram padrões distintos em relação aos diferentes elementos analisados. Dentre eles, o alumínio demonstrou duas ocorrências com valores superiores aos de referência estabelecidos.

Por outro lado, os resultados indicam que tanto o ferro quanto o chumbo foram detectados nas amostras analisadas, porém, em concentrações dentro dos limites considerados aceitáveis de acordo com os padrões regulatórios.

**Quadro 2** - Resultados dos metais pesados das 24 amostras de água coletadas no Rio Xingu, sistema de captação e tratamento de água da cidade, reservatórios de apoio e residências em três bairros com abastecimento permanente.

Amostras	Parâmetros: Resultados das Análises						
	Alumínio	Arsênio	Cádmio	Cromo	Chumbo	Ferro	Mercúrio
Método	SMEWW, 3125 B	SMEWW, 3125 B	SMEWW, 3125 B	SMEWW, 3125 B	SMEWW, 3125 B	SMEWW, 3125 B	SMEWW, 3125 B
Unidade	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
LQ	1,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	1,0000	0,012
Valor Ref.	100,000	10,000	1,000	50,000	10,000	300,000	1,000
Amostra 01	42,6203	< LQ					
Amostra 02	30,0953	< LQ					
Amostra 03	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Amostra 04	49,9968	< LQ					
Amostra 05	34,1623	< LQ					
Amostra 06	88,9905	< LQ					
Amostra 07	<b>110,4627</b>	< LQ					
Amostra 08	80,3186	< LQ					
Amostra 09	52,8145	< LQ					
Amostra 10	29,4543	< LQ					
Amostra 11	30,8907	< LQ					
Amostra 12	66,9145	< LQ					
Amostra 13	3,7278	< LQ					
Amostra 14	<b>234,7065</b>	< LQ					
Amostra 15	25,1108	< LQ					
Amostra 16	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Amostra 17	20,8885	< LQ					
Amostra 18	29,3696	< LQ					
Amostra 19	81,1785	< LQ					
Amostra 20	73,9962	< LQ					
Amostra 21	48,0010	< LQ					
Amostra 22	89,7050	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	124,3066	< LQ
Amostra 23	36,1594	< LQ					
Amostra 24	25,6452	< LQ	< LQ	< LQ	0,3862	< LQ	< LQ

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Resultados: Laboratório de Química Ambiental e Saúde/IEC.

Nota: Método: **SMEWW** – Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater;

**LQ** – Limite de Quantificação.

## 5.2 Dados de Mortalidade obtidos do DATASUS

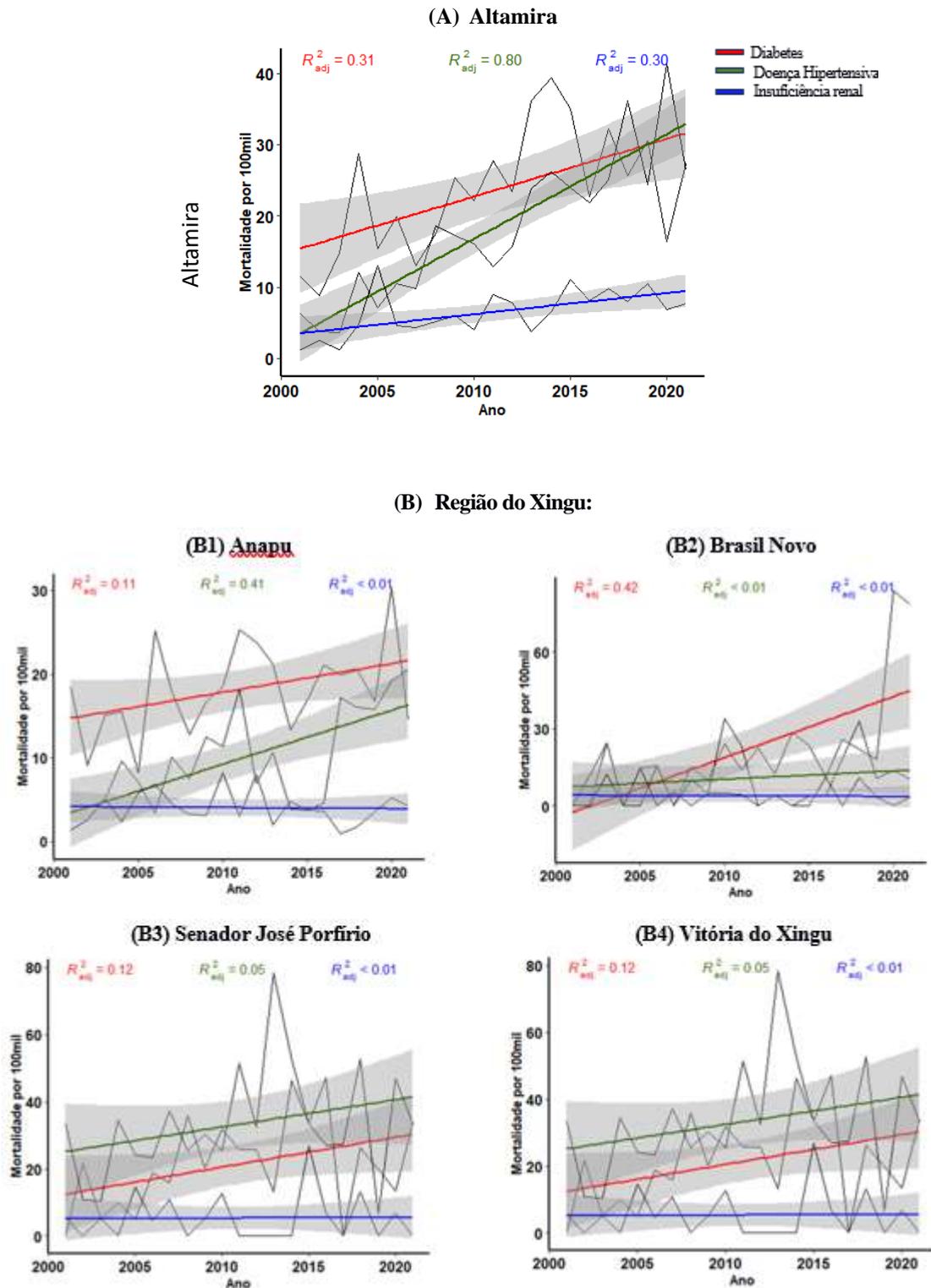
### 5.2.1 Mortalidade em Altamira e Região do Xingu no período de 2000 a 2020

Foi utilizada a análise de regressão linear, considerando o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{adj}$ ), cujo objetivo foi avaliar quais das doenças entre a DRC, hipertensão arterial sistêmica (HAS) ou diabetes mellitus (DM), influenciaram ou melhor explicam tendência do aumento da taxa de mortalidade por 100 mil habitantes em Altamira e Região do Xingu, no período de 2000 a 2020. Ressaltamos que o período em questão foi utilizado, uma vez que, o banco de dados do DATASUS somente disponibiliza informações para este período até o momento. Além disso, a HAS e a DM foram utilizadas como parâmetro comparativo já que essas doenças são fatores de risco determinantes para o desenvolvimento de DRC.

Considerando a cidade de Altamira, foi possível observar que a HAS foi a doença que mais influenciou o aumento da taxa de óbitos no município no período estudado, o que é evidenciado pelo alto valor do coeficiente de determinação ( $R^2_{adj} = 0.80$ ). Portanto, em Altamira, o aumento expressivo nos óbitos está mais relacionado à HAS, enquanto que o DM e a DCR não tiveram expressividade para determinar essa variação (Figura 4A). Isso provavelmente ocorre, devido ao tratamento e diagnóstico mais eficazes para essas duas últimas doenças quando comparado a HAS, que de modo geral, costuma ser silenciosa e diagnosticada e tratada tardiamente. Portanto, o tratamento e diagnóstico eficazes e a utilização de tratamento dialítico em pacientes com DCR aumentam a sobrevida dos pacientes, visto que a diabetes e a DCR são doenças crônicas que perduram por muitos anos e não costumam levar rapidamente a óbito quando tratadas.

Considerando os outros municípios da região do Xingu como Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, foi observado uma tendência de aumento nos óbitos em virtude da DM (Figura 4B). Embora tímida, essa associação com o crescimento de óbitos é mais pronunciada em comparação com as ocorrências por HAS e DCR, que apresentam uma relação muito mais contida. Isso pode ser atribuído a subnotificação dessas doenças nesses municípios.

**Figura 4** - Taxa de mortalidade por 100.000 habitantes em (A) Altamira e (B) Região do Xingu: (B1) Anapu, (B2) Brasil Novo, (B3) Senador José Porfírio e (B4) Vitória do Xingu. Dados do DATASUS (2022).  $R^2$  = porcentagem de casos que explica o crescimento ao longo do tempo. Regressões lineares, representadas por linhas vermelha: diabetes; verde: doença hipertensiva; e azul: insuficiência renal. Coeficiente de determinação: Fraco = 0.0 a 0.39; Médio = 0.40 a 0.59; Forte = 0.60 a 1.0.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

### 5.3 Análise de dados dos prontuários de pacientes do HRPT

Durante a análise dos prontuários de pacientes com DCR atendidos e tratados no HPRT de 2007 a 2023, foi identificado um total de 403 indivíduos, sendo 61,5% do sexo masculino e 38,5% do sexo feminino, com idade variando de 03 a 90 anos. A média de idade foi de 57 anos, contudo a maioria apresentavam idade acima de 60 anos (Tabela 2). Todos os pacientes faziam ou fazem uso da intervenção/tratamento hemodialítico pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

**Tabela 2** - Dados sociodemográficos dos pacientes renais crônicos tratados no HRPT, região do Xingu, cidade de Altamira, Pará, Brasil, entre os anos de 2007 a 2023.

Variável	Região do Xingu (n=403)	(%)	Altamira (n=174)	(%)
<b>Sexo</b>				
Masculino / Feminino	248 / 155	61,5 / 38,5	112 / 62	64,4 / 35,6
<b>Faixa etária</b>				
< 20 anos	05	1,24	04	2,30
21 – 40 anos	33	8,19	19	10,92
41 – 60 anos	127	31,51	64	36,78
> 60 anos	142	35,24	85	48,85
S/ID	96	23,82	2	1,15
<b>Óbitos</b>				
Masculino / Feminino	156 / 109	38,7 / 27,0	55 / 33	31,6 / 19,0

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT (2024).

Para região do Xingu, foi possível observar que 49,88% dos pacientes com DCR possuíam a HAS isolada, 37,47% com a associação de HAS e DM, 7,44% sem as duas comorbidades e 5,21% não possuíam informações disponíveis nos prontuários. Não houve casos de pacientes com DM isolada. Em relação ao tempo de diagnóstico da doença, considerando a região do Xingu, em sua maioria o diagnóstico havia ocorrido de 6 a 10 anos (30,27%), ou seja, esses pacientes já conviviam ou convivem com a doenças por esse período de tempo. Considerando pacientes residentes no município de Altamira, a maioria recebeu o diagnóstico da doença de 1 a 2 anos (Tabela 3). Entre as alternativas de terapia renal substitutiva, a hemodiálise é a opção mais prevalente, sendo escolhida por 100,00% dos pacientes com DRC. Quanto ao tempo de tratamento hemodialítico a maior parte dos indivíduos estava em hemodiálise entre 12 a 24 meses (de 1 a 2 anos).

**Tabela 3** - Distribuição dos pacientes de acordo com histórico clínico da doença renal. Dados do HRPT para região do Xingu (n=403) e da cidade de Altamira (n=174) no Pará, Brasil, 2007/2023.

Variável	Região do Xingu (n=403)	% (100)	Altamira (n=174)	% (100)
<b>Etiologia</b>				
❖ Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) isolada	201	49,88	99	56,90
❖ Diabetes Mellitus (DM) isolada	0	0	0	0
❖ (DM + HAS)	151	37,47	58	33,33
❖ Sem (DM + HAS)	30	7,44	15	8,62
❖ Não identificado	21	5,21	2	1,15
<b>Tempo que descobriu a doença</b>				
Menos de 1ano	36	8,93	22	12,64
1 – 2 anos	53	13,15	72	41,38
3 – 5 anos	102	25,31	52	29,89
6 a 10 anos	122	30,27	20	11,49
11 – 15 anos	84	20,84	02	1,15
Mais de 15 anos	04	0,99	-	-
<b>Tempo realizado de hemodiálise (anos)</b>				
Menos de 1 ano	112	27,79	46	26,44
1 – 2 anos	136	33,75	53	30,50
3 – 5 anos	97	24,07	43	24,71
6 – 10 anos	48	11,91	28	16,10
11 – 14 anos	04	0,99	03	1,72
<b>Pacientes em Diálise</b>				
2023	137	100,00	85	100,00
<b>Frequência da hemodiálise</b>				
vezes/semana	03	-	03	-

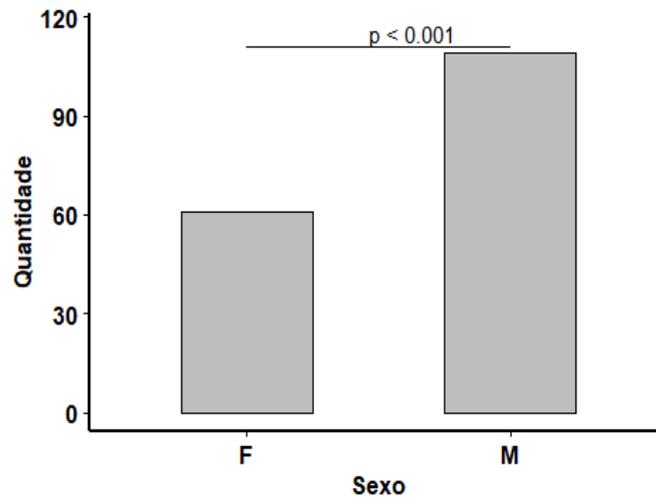
Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

Nota: **HAS**: Pacientes que têm apenas hipertensão arterial sistêmica (HAS). **DM**: Pacientes que têm apenas diabetes mellitus (DM). **DM + HAS**: Pacientes com diabetes mellitus (DM) e com hipertensão arterial sistêmica (HAS). **Sem (DM + HAS)**: Pacientes sem diabetes mellitus (DM) e sem nem hipertensão arterial sistêmica (HAS). **Não Identificado**: Pacientes cuja condição em relação a DM e HAS não está disponível no prontuário.

### 5.3.1 Dados dos pacientes com DRC

A comparação de pacientes com DCR por sexo, no município de Altamira (PA), demonstra que a proporção de portadores é maior em homens do que em mulheres ( $X^2=13.55$ ,  $p\text{-valor}<0,001$ ) em todo o período de atividade do HRPT (Figura 5).

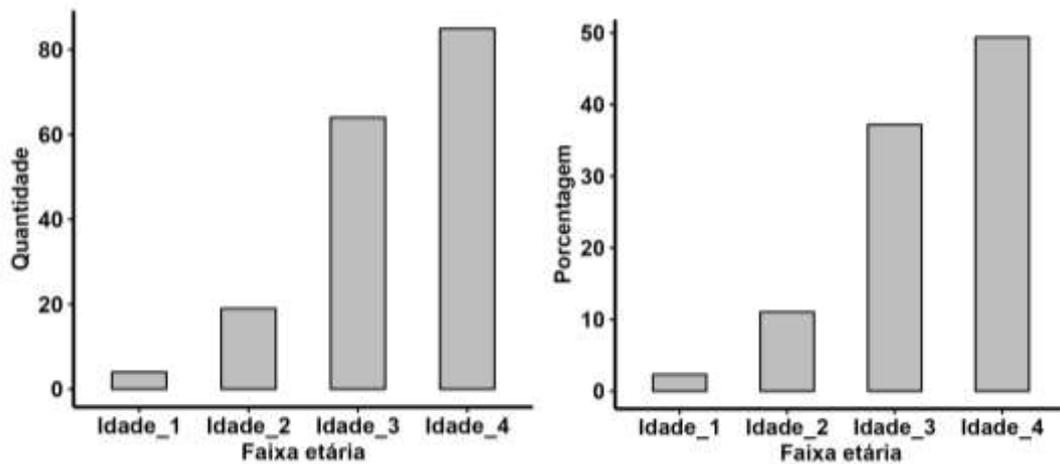
**Figura 5:** Número de casos de DCR entre os sexos, Altamira, Pará. Dados extraídos do HRPT (2023).  
Legenda: F (Feminino), M (Masculino).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando a faixa etária, foi possível observar que no período analisado, em Altamira, a doença foi mais prevalente em pacientes com idades superiores a 60 anos e idades entre 41 a 60 anos (Figura 6).

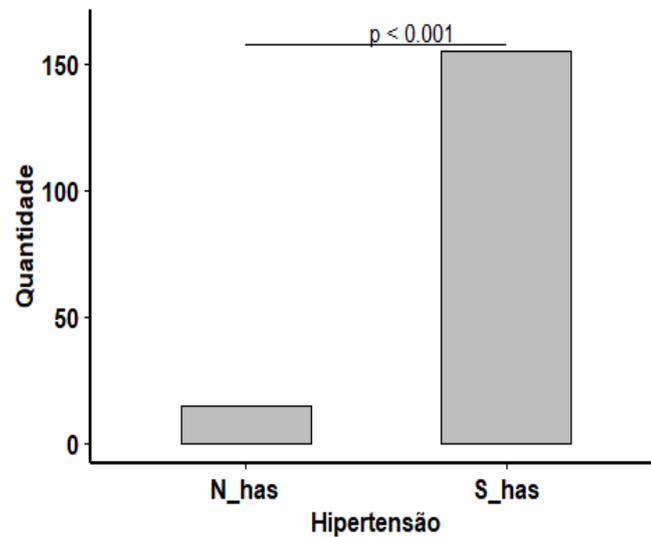
**Figura 6 -** Faixa etária dos pacientes com DCR atendidos no HRPT, em Altamira, Pará. Dados extraídos do HRPT (2022). Legenda: Idade\_1 (0 a 20 anos), Idade\_2 (21 a 40 anos), Idade\_3 (41 a 60 anos) e Idade\_4 (>60 anos).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando a prevalência de pacientes com DCR acompanhada ou não por HAS, foi observado que em sua grande maioria, os portadores de DCR também apresentavam HAS como comorbidade (Figura 7), e a proporção de homens é maior que a de mulheres ( $X^2 = 115.2941$ ,  $p < 0,001$ ).

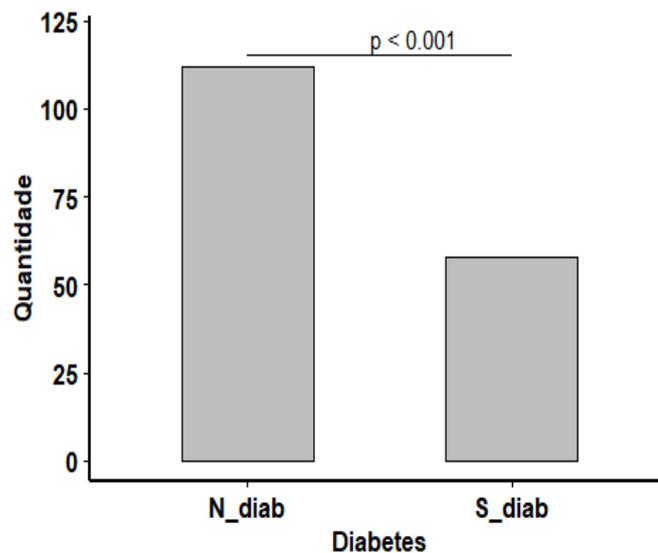
**Figura 7** - Número casos de DCR associados a presença ou ausência de HAS.  
 Legenda: N\_has: Pacientes sem hipertensão arterial, S\_has: Pacientes com hipertensão arterial.



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

Considerando a prevalência de pacientes com DCR acompanhada ou não por DM, foi observado que em sua grande maioria, os portadores de DCR não apresentavam DM como comorbidade (Figura 8), e proporção de homens portadores é maior que a de mulheres ( $X^2 = 17.15294$ ,  $p < 0,001$ ).

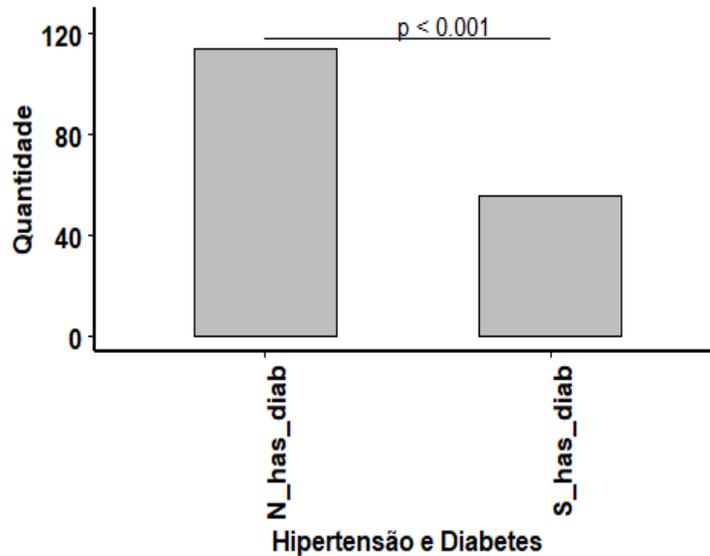
**Figura 8** - Número de casos de DCR considerando a presença ou ausência de DM.  
 Legenda = N\_diab: Pacientes sem diabetes, S\_diab: Pacientes com diabetes.



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

Considerando os pacientes com DCR e que também apresentavam HAS e DM em conjunto, foi possível observar que eles, (S\_has\_diab), são os de menor prevalência ( $X^2 = 19.78824$ ,  $p < 0,001$ ) entre os pacientes estudados em todo o período analisado (Figura 9).

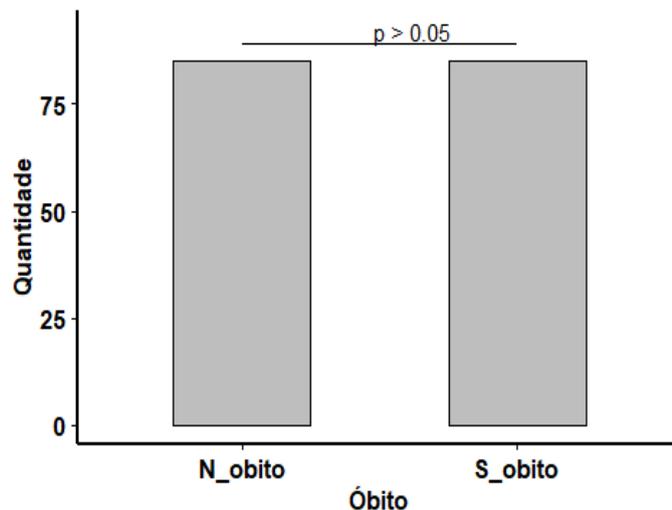
**Figura 9** - Número de casos de DCR associados ou não à hipertensão e diabetes em conjunto.  
Legenda = N\_has\_diab: Pacientes com DCR sem hipertensão arterial e diabetes associados, S\_has\_diab: Pacientes com DCR com hipertensão arterial e diabetes associados.



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

Não houve diferença entre pacientes que foram a óbito (S\_obito) ou não (N\_obito) ( $X^2 = 0.00$ ,  $p > 0,05$ ; Figura 10) em todo o período analisado.

**Figura 10** - Número de casos de DRC considerando o óbito.  
Legenda = N\_óbito: Pacientes com DCR que não foram à óbito, S\_óbito: Pacientes com DCR que foram à óbito.

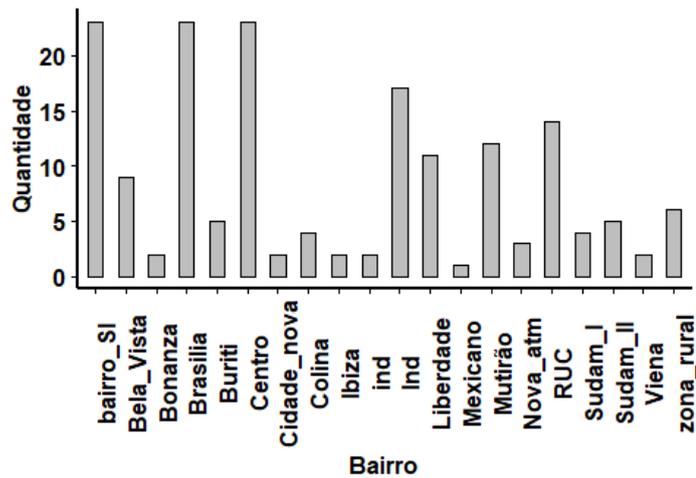


Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

Considerando a distribuição do número de casos por bairro situado no município de Altamira, foi possível observar que os bairros com maior número de casos de pessoas com DRC e em hemodiálise, são: Centro, Brasília, Independente, os RUCs e Liberdade (Figura 11). Vale

ressaltar que todos os reassentamentos urbanos coletivos foram agrupados e designados como “RUCs”, uma vez que, essas unidades são constituídas por pessoas realocadas de áreas alagadas ou ribeirinhas impactadas pela construção e alagamento causado pela UHBM. Além disso, pode-se considerar que nos RUCs há uma predominância de pessoas que consumiam água diretamente do rio Xingu, e que portanto, estariam mais suscetíveis ao consumo de água contaminada por algum tipo de metal.

**Figura 11** - Distribuição dos casos de DCR por bairro.

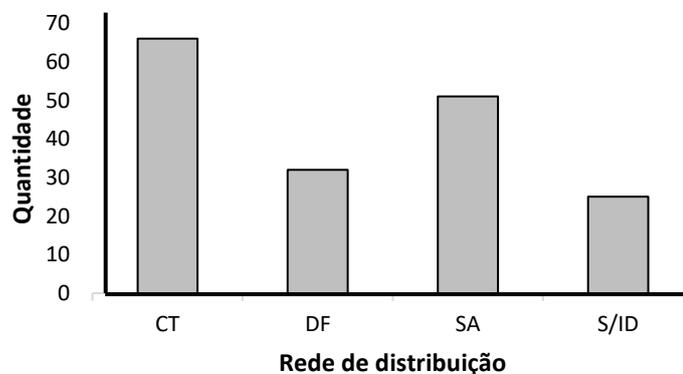


Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

Considerando o número de casos de DCR pela rede de distribuição de água potável de torneira, do município de Altamira, foi observado que a maior parte dos pacientes residem em casas cujo o abastecimento de água é constante. Contudo, um número significativo de pacientes residem em regiões sem abastecimento (Figura 12).

**Figura 12** - Números de casos considerando a rede de distribuição de água.

Legenda = CT: constante; DF: Deficitária; SA: Sem abastecimento; S/ID: Sem informações sobre o tipo de abastecimento. Nota: O abastecimento **Constante** corresponde às regiões nas quais o abastecimento de água ocorre de forma ininterrupta; **Deficitário** a parte da rede onde há necessidade da realização de manobras de racionamento no sistema de abastecimento; **Sem Abastecimento** corresponde sem fornecimento de água.



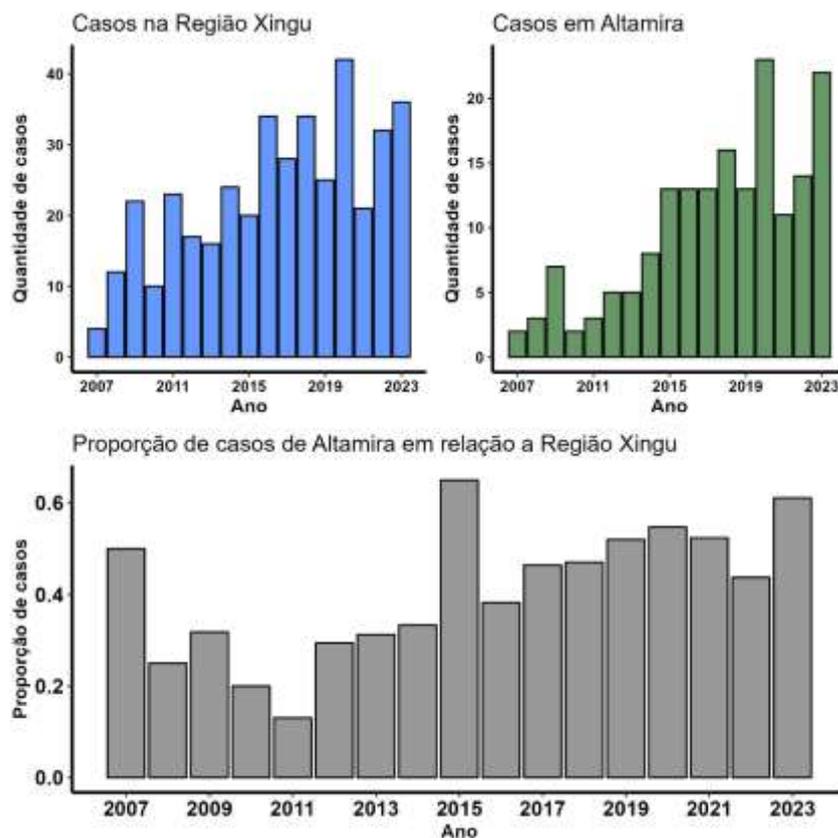
Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

### 5.3.2 Prevalência de DCR na Região do Xingu.

Para identificação da prevalência de DCR na Região do Xingu, foram considerados dados epidemiológicos dos municípios sob a 10ª Regional de Saúde do Estado do Pará, que são: Altamira, Anapú, Brasil Novo, Medicilândia, Uruará, Pacajá, Porto de Moz, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu. Durante a análise foram excluído três casos devido a falta de todas as informações, de modo que, foram considerados apenas os casos onde todas as informações necessárias estavam disponíveis.

Foram identificados 400 casos de DCR na Região Xingu durante o período estudado. A proporção de casos em Altamira em relação a Região do Xingu, variou ao longo do tempo do estudo de 13% a 65%, com uma média geral de 40,8% dos casos em todo o período estudado (Figura 13).

**Figura 13:** Quantidade de casos de DRC em situação de diálise na Região Xingu e a proporção entre Altamira e Região do Xingu.

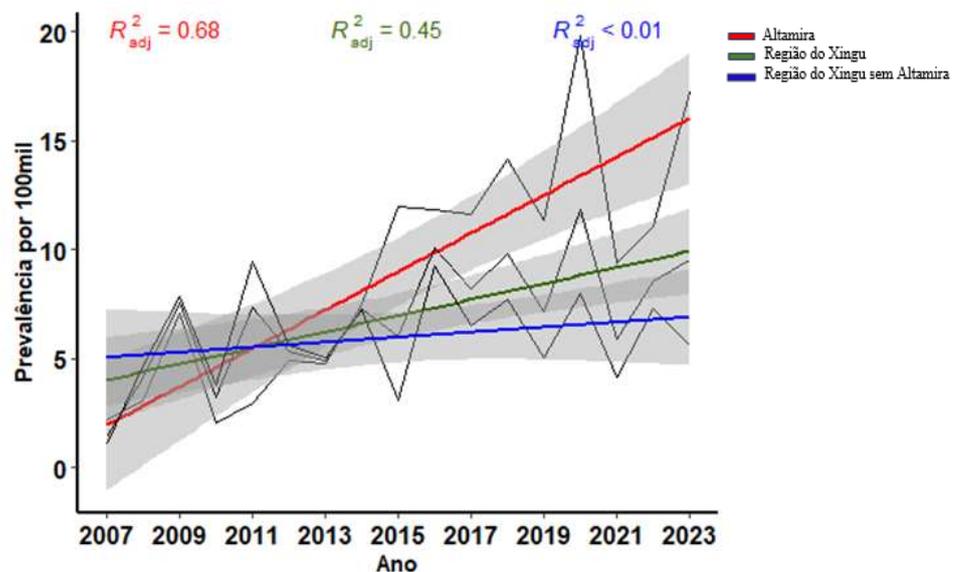


Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

Realizamos uma análise de regressão linear para investigar qual seria a importância ou a influência do número de casos de DRC para a prevalência de DCR no município de Altamira e na região do Xingu. Observamos na (Figura 14) que o número de casos do município de Altamira foi importante para a prevalência desta doença neste município ( $R^2_{adj} = 0.68$ ) e para a região do Xingu ( $R^2_{adj} = 0.45$ ).

Esses achados demonstram que o crescimento na prevalência de DRC na região Xingu é predominantemente impulsionado pelo número de casos identificados no município de Altamira. Essa análise fornece uma compreensão mais detalhada sobre a distribuição e tendências da DRC na região, destacando a importância de considerar a influência de áreas específicas, como o município de Altamira, ao interpretar os dados de prevalência da doença.

**Figura 14:** Prevalência de casos de doença renal crônica na cidade de Altamira, Região Xingu e Região do Xingu sem Altamira.



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do HRPT, (2023).

## 6. DISCUSSÃO

Em nossas análises, foi possível observar que os níveis de metais estavam dentro dos limites recomendado pelos órgãos reguladores, exceto o alumínio, que em duas excederam os valores de referência. Essa alteração pode ser considerada pontual, mas que exige investigação sobre suas origens, já que esse metal pode causar doenças neurodegenerativas (ROSALINO, 2011). É importante ressaltar, que o número de amostras analisada é pequena e que as coletas ocorreram somente no período do ano (seca/verão), o que pode ser um viés na detecção de uma possível contaminação por metais pesados. Por exemplo, foi encontrado que os níveis de mercúrio podem variar de acordo com a estação do ano, e que a sua concentração é mais elevada no período chuvoso ou de cheia dos rios (SILVA, 2019).

Interessantemente, foi observado que o maior número de casos de DCR registrados para o município de Altamira, são de regiões da cidade com abastecimento constante de água, ou seja, regiões da cidade que recebem permanentemente ao longo do ano água tratada oriunda do rio Xingu (Figura 12). Portanto, estudos mais amplos, com um maior número de amostras e avaliando os diferentes períodos do ano, podem trazer resultados mais conclusivos quanto a contaminação por metais pesados da água potável fornecida a população urbana de Altamira.

Abdeldayem (2022) observou que uma população do distrito de Dakahlia, no Egito, a contaminação por Hg da água potável fornecida a população, foi intimamente relacionada a incidência de DCR entre os seus moradores, sugerindo que o consumo de água contaminada por Hg pode ser um fator determinante para a alta incidência de DCR nessa região. De fato, os metais pesados podem causar nefrotoxicidade como, por exemplo, pela indução do processo inflamatório que contribui para os efeitos nefrotóxicos (GONICK & DING, 2003; LENTINI et al., 2017; MOODY et al., 2018). Por exemplo, após exposição aguda ao mercúrio, surge necrose tubular aguda, geralmente acompanhada de oligúria (redução na produção de urina). Na exposição crônica, o mercúrio é armazenado nos rins e induz lesão epitelial e necrose na parte reta do túbulo proximal. Além disso, o dano pode aumentar a secreção de urato, causar a vasoconstrição, e conseqüentemente, induzir glomeruloesclerose, hipertensão e fibrose intersticial (LENTINI et al., 2017; CAZA et al., 2022). Portanto, considerando que as águas do rio Xingu é alvo de contaminação por Hg devido a extração de ouro ilegalmente, torna-se fundamental o monitoramento da água fornecida à população do município de Altamira, para se evitar possíveis contaminações e seus impactos sobre a saúde da população.

Considerando os dados públicos do DATASUS, foi observado que a HAS teve um importante impacto sobre o aumento da taxa mortalidade ao longo de 20 anos (2000 a 2020) no município de Altamira, em detrimento da DRC e DM (Figura 4). Além disso, a HAS foi a comorbidade mais prevalente associada a DCR em pacientes tratados no HRPT atendidos ao longo dos anos de 2007 a 2023 (Figura 7). As causas primárias da DRC incluem HAS e DM (MARINHO et al. 2020; SOUZA et al., 2020).

Um aspecto interessante é que o mercúrio parece desempenhar um papel importante no desenvolvimento da HAS (PAGAN et al., 2019), pois, devido à falta de mecanismos de excreção ativa do mercúrio pelo corpo humano, ocorre seu acúmulo no organismo, o que pode levar ao desenvolvimento da HAS. Esse processo é atribuído ao aumento do estresse oxidativo e à diminuição do óxido nítrico, causando disfunção mitocondrial e endotelial (PAGAN et al., 2019).

Mais recentemente, o relatório sobre o "Impacto do Mercúrio em Áreas Protegidas e Povos da Floresta na Amazônia: Uma Abordagem Integrada Saúde-Ambiente", produzido pela Fundação Oswaldo Cruz (BASTA, 2024), examinou os efeitos da atividade garimpeira na Terra Indígena Yanomami, com especial atenção para a exposição ao mercúrio e seus efeitos na saúde. Um dos achados mais relevante deste estudo foi a correlação entre os níveis de mercúrio e a ocorrência de HAS nas populações afetadas. Todos os indivíduos diagnosticados com HAS, possuíam níveis de mercúrio acima de 2,0µg/g. Uma análise dos níveis médios de pressão arterial sistólica (PAS) entre os indígenas com diferentes níveis de exposição ao mercúrio revelou que o grupo com maior exposição ( $\geq 2,0\mu\text{g/g}$ ) apresentava uma média de PAS de 110,03 mmHg, em comparação com o grupo com menor exposição. Tais resultados corroboram estudos anteriores conduzidos por Basta et al. (2021), Houston (2011) e Hu, Singh & Chan (2018), que identificaram a associação entre a exposição ao mercúrio e a ocorrência de HAS em diversas populações.

Considerando os dados sociodemográficos e clínicos dos pacientes com DCR tratados no HRPT entre 2007 e 2023, foi observado uma prevalência maior de DRC em homens, o que corrobora dados da literatura que aponta para uma predisposição masculina (ALVES et al., 2017) e idade avançada (ALVES et al., 2017; ALCALDE & KIRSZTAJN, 2018; PRETTO et al., 2020) no desenvolvimento da DRC. Além disso, HAS e a DM foram as comorbidades predominantes associadas a DCR nesses pacientes, essas doenças são fatores de risco preponderantes para o desenvolvimento de DRC, fatos estes confirmados em estudos de Marinho et al. (2020) e Souza et al. (2020).

A análise dos dados de prevalência e do perfil epidemiológico da Doença Renal Crônica (DRC) na região do Xingu, especialmente em Altamira, revela características distintas em comparação com outras regiões do Brasil. Em Altamira, a prevalência média foi de 8,99 casos por 100 mil habitantes, com uma incidência média anual de 10,24 casos novos. Em termos de idade, 48,85% dos pacientes tinham mais de 60 anos e 36,78% estavam na faixa etária de 41 a 60 anos. Na região do Xingu, foram identificados 403 casos de DRC, predominando em homens (61,5%) com média de idade de 60 anos. A principal comorbidade associada foi a hipertensão arterial sistêmica (HAS), presente em 49,88% dos casos, seguida pela combinação de HAS e diabetes mellitus (DM), encontrada em 37,47% dos pacientes. A prevalência média de DRC na região do Xingu foi de 6,97 casos por 100 mil habitantes, com uma incidência média anual de 23,70 casos novos.

Comparando esses resultados com os dados nacionais e de outras regiões, Amboni et al. (2023) analisaram o perfil epidemiológico dos pacientes com DRC em Mafra, Santa Catarina; Pretto et al. (2020) avaliaram pacientes no estado do Rio Grande do Sul. Em Mafra, a maioria dos 183 pacientes em hemodiálise tinha mais de 60 anos (55,2%), com predominância masculina (63,4%) e baixa escolaridade (80,3%). As comorbidades incluíam hipertensão (35%), diabetes mellitus (11,5%) e a coexistência de HAS e DM (37,2%) Amboni et al. (2023). Estudos nacionais indicam que, em 2017, havia 619 pacientes em diálise crônica por milhão de habitantes no Brasil, com uma taxa anual de mortalidade de 19,9%. A hemodiálise foi a modalidade de terapia renal substitutiva mais utilizada (93,1%), com o cateter venoso como método predominante em 22,6% dos casos (Marinho et al., 2017; Thomé et al., 2017). Crews et al. (2019) relataram que entre 24% e 48% dos pacientes que desenvolvem insuficiência renal têm idade superior a 64 anos.

Os dados de Altamira e da região do Xingu indicam uma prevalência média de DRC ligeiramente maior em Altamira (8,99 casos por 100 mil habitantes) em comparação com a média da região do Xingu (6,97 casos por 100 mil habitantes). Ambos os valores são menores que a prevalência nacional estimada por Thomé et al. (2017) de 61,9 pacientes em diálise crônica por mil habitantes. A incidência anual em Altamira (10,24 casos novos) é consideravelmente menor do que a média de 23,70 casos novos na região do Xingu, sugerindo variações locais significativas na detecção e no surgimento de novos casos.

Em termos de perfil demográfico, 48,85% dos pacientes com DRC em Altamira tinham mais de 60 anos, um perfil similar ao observado em Mafra, onde 55,2% dos pacientes tinham mais de 60 anos Amboni et al. (2023). A predominância masculina também é comparável entre a região do Xingu (61,5%) e Mafra (63,4%). No que diz respeito às comorbidades, a hipertensão

(HAS) é a principal associada à DRC na região do Xingu (49,88%), uma taxa maior do que a observada em Mafra (35%). A combinação de HAS e DM na região do Xingu (37,47%) é quase idêntica à de Mafra (37,2%) Amboni et al. (2023), embora a taxa de DM isolada seja consideravelmente mais baixa na região do Xingu.

A hemodiálise é a modalidade de tratamento universalmente utilizada na região do Xingu (100%), comparada com 93,1% a nível nacional (THOMÉ et al., 2017). Isso pode indicar uma limitação de acesso a outras modalidades de terapia renal substitutiva na região amazônica. Os dados sugerem que a DRC na região do Xingu apresenta particularidades que merecem atenção especial. A alta prevalência de hipertensão como comorbidade, aliada à ausência de casos isolados de DM, destaca a necessidade de estratégias específicas de saúde pública focadas na prevenção e no controle da hipertensão. Além disso, a predominância de homens e pacientes mais velhos sugere a necessidade de campanhas direcionadas a esses grupos demográficos.

Os resultados também indicam que a região de Altamira pode estar enfrentando desafios específicos que contribuem para uma maior prevalência de DRC em comparação com a média da região do Xingu. Fatores socioeconômicos, ambientais e de acesso aos serviços de saúde podem estar influenciando esses dados, exigindo uma análise mais aprofundada. Estudos adicionais focados na região amazônica são essenciais para preencher lacunas de conhecimento e criar intervenções de saúde pública mais eficazes e adaptadas às necessidades locais.

## 7. CONCLUSÃO

No âmbito desta pesquisa, para o período em que foram realizadas as coletas de água, identificou-se que os níveis de metais presentes em amostras de água potável fornecidas à população de Altamira estavam em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela legislação brasileira e pela OMS. Entretanto, é importante salientar que o número de amostras utilizada foi pequena e as coletas correram somente no período de seca/verão, o que pode ser um viés para os resultados encontrados. Nesse sentido, novos estudos considerando um maior número de amostras e com coletas nas diferentes estações do ano (ex.: verão e inverno) se fazem necessários para uma melhor compreensão, constatação e confirmação dos resultados encontrados neste estudo.

Em Altamira e região do Xingu foi constatada uma elevada prevalência de DRC, suscitando preocupações quanto aos possíveis impactos sobre a saúde pública. A HAS e o DM, isolados ou em combinação, emergiram como os principais fatores associados a DRC em pacientes tratados no HRPT entre os anos de 2007 a 2023. Adicionalmente, nesses pacientes houve a predominância de HAS como comorbidade. Interessantemente, houve um aumento significativo na mortalidade associada à HAS no município Altamira durante o período de 2000 a 2020, demonstrando a importância dessa doença sobre a saúde pública.

Finalmente, a influência da HAS em Altamira destaca a necessidade urgente de estratégias de saúde pública que foquem na prevenção, diagnóstico precoce e controle efetivo da hipertensão. Programas de educação para a saúde, monitoramento regular da pressão arterial e acesso facilitado a tratamentos podem ser medidas eficazes para reverter essa tendência preocupante. A prevalência do diabetes como causa significativa de mortalidade nos municípios circunvizinhos de Altamira aponta para a necessidade de uma abordagem multifacetada, que inclua melhor registro de dados, ampliação da cobertura e qualidade do diagnóstico e tratamento, além da implementação de programas de educação em saúde focados no manejo do diabetes. As evidências sugerem que intervenções voltadas para a saúde pública devem ser adaptadas para atender às necessidades específicas de cada região. Em Altamira, um foco na prevenção e tratamento da hipertensão é imperativo. Já para os outros municípios do Xingu, estratégias que abordem as lacunas no cuidado do diabetes devem ser priorizadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASETH, J.; ALEXANDER, J.; ALEHAGEN, U.; TINKOV, A.; SKALNY, A.; et. al. **The Aging Kidney — As Influenced by Heavy Metal Exposure and Selenium Supplementation.** *Biomolecules* 2021, 11, 1078.

ABDELDAYEM, R. **Domestic water and accumulating mercury toxicity in the kidney.** *Appl Water Sci.* 2022; 12:114.

ALCALDE, P. R. ; et al. **Expenses of the Brazilian Public Healthcare System with chronic kidney disease.** *Brazilian Journal Of Nephrology*, [S.L.], v. 40, n. 2, p. 122-129, 4 jun. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-8239-jbn-3918>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29927463/>. Acesso em: 06 mar. 2024.

ALTAMIRA. Núcleo de Planejamento e Desenvolvimento. **PLANO MUNICIPAL INTEGRADO DE SANEAMENTO BÁSICO DE ALTAMIRA/PA – PMISB: abastecimento de água esgotamento sanitário resíduos sólidos urbanos.** Altamira, 2022. 321 p.

ALVES, L.F.; ABREU, T.T.; NEVES, N.C.S.; MORAIS, F.A.; ROSIANY, I.L.; JUNIOR, W.V.O.; et al . **Prevalência da doença renal crônica em um município do sudeste do Brasil.** *J. Bras. Nefrol.* 2017; 39(2): 126-34. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20170030>

AMBONI, M. A., SILVA, R. M., BRESOLIN, N. L., PETRES, A. C. S., OLIVEIRA, A. C. B., BUBA, C. G., KAUTNICK, E. S., STOCKSCHNEIDER, F. B. M., STOCKSCHNEIDER, L., SANTOS, M. S. DOS, & BALEM, L. (2023). **Prevalence of patients with Chronic Kidney Failure on hemodialysis in Mafra city.** *Brazilian Journal of Health Review*, 6(1), 1981-1996. DOI: 10.34119/bjhrv6n1-156

ARRIFANO, G.P.F.; MARTÍN-DOIMEADIOS, R.C.R.; JIMÉNEZ-MORENO, M.; RAMÍREZ-MATEOS, V.; DA SILVA, N.F.S.; SOUZA-MONTEIRO, J.R.; AUGUSTO-OLIVEIRA, M.; PARAENSE, R.S.O.; MACCHI, B.M.; NASCIMENTO, J.L.M.; CRESPO-LOPEZ, M.E. **Large-scale projects in the amazon and human exposure to mercury: The case-study of the Tucuruí Dam.** *Ecotoxicol Environ Saf.* 2018; 147: 299-305.

BAI, J., CUI, B., XU, X., DING, Q., & GAO, H. (2009). **Heavy metal contamination in riverine soils upstream and downstream of a hydroelectric dam on the Lancang River, China.** *Environmental Engineering Science*, 26, 941–946.

BALALI-MOOD, M.; NASERI, K.; TAHERGORABI, Z.; KHAZDAIR, M.R.; SADEGHI, M. **Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic.** *Front Pharmacol.* 2021; 12: 643972.

BALALI-MOOD, M., MOUSAVI, S.R, SHAKERI, M.T, DADPOUR, B., MORADI, V., et al. (2013). **Parâmetros clínicos, toxicológicos, bioquímicos e hematológicos em trabalhadores expostos ao chumbo de uma indústria de baterias automotivas.** *Irã J. Med. ciência* 38 (1), 30.

BARBIER, O.; JACQUILLET, G.; TAUC, M.; COUGNON, M.; POUJEOL, P. **Effect of heavy metals on, and handling by, the kidney.** *Nephron Physiol.* 2005, 99(4):p105-10.

BASTA, P. C. **Impacto do Mercúrio em Áreas Protegidas e Povos da Floresta na Amazônia: Uma Abordagem Integrada Saúde-Ambiente**. Relatório Técnico - Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, ENSP, 2024.

BASTA, P. C. et al. Mercury Exposure in Munduruku Indigenous Communities from Brazilian Amazon: Methodological Background and an Overview of the Principal Results. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, p. 9222, 1 set. 2021.

BERNHOF, R.A. (2012). **Toxicidade e tratamento do mercúrio: uma revisão da literatura**. J. Environ. Public Health 2012, 460508. doi:10.1155/2012/460508

BIKBOV, B.; PURCELL, A.; LEVEY, A.; SMITH, M.; ABDOLI, A.; ABEBE, M.; ADEBAYO, O.M.; AFARIDEH, M.; AGARWAL, S.K.; AGUDELO-BOTERO, M. Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990–2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017. *The Lancet*. 2020 Feb;395(10225):709-733. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30045-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30045-3). Disponível em: [https://www.thelancet.com/article/S0140-6736\(20\)30045-3/fulltext](https://www.thelancet.com/article/S0140-6736(20)30045-3/fulltext). Acesso em: 08 jan. 2023.

BRASIL. Ministério Público Federal. Câmara de Coordenação e Revisão, 4. Mineração ilegal de ouro na Amazônia: Marcos jurídicos e questões controversas – Brasília: MPF, 2020.259 p. – (Série manuais de atuação; v. 7). Disponível também em: <<https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/da-dos-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/ManualMineraoIlegaldoOuro-naAmazniaVF.pdf>>.

BRASIL. Região de Integração do Xingu. Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável do Xingu. Decreto n° 7.340 de 21 de outubro de 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/.arquivos/xinguinternet.pdf>.

BROPHY, P.D.; CHARLTON, J.R.; CARMODY, J.B.; REIDY, K.J.; HARSHMAN, L.; SEGAR, J.; ASKENAZI, D.; SHOHAM, D.; BAGBY, S.P. **Chronic Kidney Disease: a life course health development perspective**. **Handbook Of Life Course Health Development**. 2017 Nov 21; p. 375-401. Springer International Publishing. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-47143-3\\_16](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-47143-3_16). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31314288/>. Acesso em: 01 fev. 2021.

CABRAL, J.B.P.; NOGUEIRA, P.F.; BECEGATO, V.A.; BECEGATO, V.R.; PAULINO, A.T. **Environmental Assessment and Toxic Metal-Contamination Level in Surface Sediment of a Water Reservoir in the Brazilian Cerrado**. *Water* 2021b. 13: 1044.

CABRAL, J.B.P.; OLIVEIRA, S.F.; SANTOS, F.F.; BECEGATO, V.A.; et al. **Potentially toxic metal environmental pollution in sediments of a model hydroelectric plant water reservoir in Brazil**. *Environmental Earth Sciences*. 2021a. 80: 506.

CAZA, T.N.; AL-RABADI, L.F. **What Can Mercury Teach Us About Membranous Nephropathy and Minimal Change Disease?** *Kidney Int Rep*. 2022; 7(6): 1157–1160.

COBBINA, SJ, CHEN, Y., ZHOU, Z., WU, X., ZHAO, T., ZHANG, Z., et al. (2015). **Avaliação da toxicidade devido à exposição subcrônica a indivíduos e misturas de quatro metais pesados tóxicos**. *J. Hazard. Mate*. 294, 109– 120. doi:10.1016/j.jhazmat.2015.

CONAMA. Portaria GM MS nº 888 de 04/05/2022. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Ministério do Meio Ambiente, 2021.

COSTA, M. (2019). **Revisão da toxicidade do arsênico, especiação e poliadenuilação de histonas canônicas**. *Tóxico. Appl. Pharmacol.* 375, 1–4. doi:10.1016/j.taap.2019.

CRESPO-LOPEZ, M.E.C. et al. **Mercury: what can we learn from the amazon?** *Environment International.* 2021. 146:1-11.

CREWS, D.C.; BELLO, A.K.; SAADI, G. 2019 World Kidney Day Editorial - burden, access, and disparities in kidney disease. *Brazilian Journal Of Nephrology*, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 1-9, mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-8239-jbn2018-0224>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbn/a/8JLnj95CnTcJdXv7BtCDJpn/?lang=en>. Acesso em: 28 fev. 2024.

DA SILVA-JUNIOR, F.M.R. et al. **Vulnerability associated with “symptoms similar to those of mercury poisoning” in communities from Xingu River, Amazon basin**. *Environ. Geochem. Health.* 2018;40:1145–1154. <https://doi.org/10.1007/s10653-017-9993-7>.

DE BAKKER, L.B.; GASPARINETTI, P.; DE QUEIROZ, J.M.; DE VASCONCELLOS, A.C.S. **Economic Impacts on Human Health Resulting from the Use of Mercury in the Illegal Gold Mining in the Brazilian Amazon: A Methodological Assessment**. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 11869.

DE SOUSA, R.S.; SILVA, G.C.; BAZZAN, T.; DE LA TORRE, F.; NEBO, C. Connections among Land Use, Water Quality, Biodiversity of Aquatic Invertebrates, and Fish Behavior in Amazon Rivers. *Toxics.* 2022. 10(4):182.

DEL RAZO, L.M.D.; GARCÍA-VARGAS, G.G.; ALBORES, A.; VARGAS, H.; GONSEBATT, M.E.; MONTERO, R.; et al. (1997). **Perfil alterado de metabólitos de arsênico urinário em adultos com arsenicismo crônico**. *Arco. Tóxico.* 71 (4), 211–217. doi:10.1007/ s002040050378

DRISCOLL, C.T. et al. **Mercury as a global pollutant: Sources, pathways, and effects**. *Environmental Science and Technology.* 2013 Nov 1;47(23):4967-83. Disponível em: <https://pubs.acs.org/sharingguidelines>.

EL-KOWRANY, S. I.; EL-ZAMARANY, E. A.; EL-NOUBY, K. A. et al. **Poluição da água no Delta do Médio Nilo, Egito: um estudo ambiental**. *J Adv Res*, v. 7, n. 5, p. 781-794, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/annhyg/mei022>.

ESTRONIOLI, E. Altamira (PA) ainda sofre com falta de água 6 anos após licença de operação Belo Monte. Instituto Humanitas de Ensino, 2022. Disponível em: <<https://www.ihu.unisinos.br/categorias/617029-altamira-pa-ainda-sofre-com-falta-de-agua-6-anos-apos-licenca-de-operacao-de-belo-monte>>. Acesso em:

FERNANDES AZEVEDO, B.; BARROS FURIERI, L.; PEÇANHA, FM; WIGGERS, GA.; FRIZERA VASSALLO, P.; RONACHER SIMÕES, M.; et al. (2012). **Efeitos tóxicos do mercúrio nos sistemas cardiovascular e nervoso central**. *Biomed. Res. Int.* 2012, 949048. doi:10.1109/latincloud.2012.6508156

FILLION, M. et al. **A preliminary study of mercury exposure and blood pressure in the Brazilian Amazon. Environmental Health.** 2006 Oct 10;5:29. DOI: 10.1186/1476-069X-5-29. Disponível em: <http://www.ehjournal.net/content/5/1/29>. Acesso em: 13 março 2024.

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz); Instituto de Pesquisa e Formação Indígena (Iepé); Greenpeace; Instituto Socioambiental; WWF-Brasil. Análise regional dos níveis de mercúrio em peixes consumidos pela população da Amazônia brasileira: Um alerta em saúde pública e uma ameaça à segurança alimentar. Nota técnica, maio de 2023.

FRANCO, V. S.; SOUZA, E. B.; LIMA, A. M. M. **Cheias e vulnerabilidade social: estudo sobre o rio Xingu em Altamira/PA.** Ambiente & Sociedade. 2018. 21: e01573.

GAMBY, R.L.; SMITH, J.; JONES, A.B. **Deforestation and cultivation mobilize mercury from topsoil.** Science of the Total Environment. 2015 Nov 1;532:467–473.

GAO, Z.; WU, N.; DU, X.; LI, H.; MEI, X.; SONG, Y. **Toxic Nephropathy Secondary to Chronic Mercury Poisoning: Clinical Characteristics and Outcomes.** Kidney Int Rep. 2022; 7(6):1189-1197.

GAZWI, H.S.S.; YASSIEN, E.E.; HASSAN, H.M.; (2020). **Mitigação da neurotoxicidade do chumbo pelo extrato etanólico da folha de Laurus em ratos.** Ecotoxicol. Ambiente. Safe 192, 110297. doi:10.1016/j.ecoenv.2020.110297

GENCHI, G.; SINICROPI, M.S.; CAROCCI, A.; LAURIA, G.; CATALANO, A. **Mercury exposure and heart diseases.** Int. J. Environ. Res. Public Health. 2017 Jan;14(1):74. <https://doi.org/10.3390/ijerph14010074>.

GHORANI-AZAM, A.; RIAHI-ZANJANI, B.; AND BALALI-MOOD, M.; (2016). **Efeitos da poluição do ar na saúde humana e medidas práticas de prevenção no Irã.** J. Res. Coogan, TP, Motz, J., Snyder, CA, Squibb, KS e Costa, M. (1991). Med. Sci., 21, 65. doi:10.4103/1735-1995.189646

GLASSOCK, R. J.; RULE, A. D.; & WETZELS, J. F. M.; (2022). **Preserving the kidneys in the management of chronic kidney disease: A call to action.** American Journal of Kidney Diseases.

GONICK, H.C.; DING, Y.; **Nefrotoxicidade de chumbo: o papel do estresse oxidativo. Toxicol Cardiovascular.** 2003;3(1): 27–33. doi:10.1385/ct:3:1:27

GORINI, F.; MURATORI, F.; MORALES, M.A.; (2014). **O papel da poluição por metais pesados em distúrbios neurocomportamentais: um foco no autismo.** Rev. J. Dev. Autismo. Desordem. 1 (4), 354–372. doi:10.1007/s40489-014-0028-3

GUPTA, D.K.; TIWARI, S.; RAZAFINDRABE, B.; CHATTERJEE, S.; (2017). **“Contaminação por arsênico desde aspectos históricos até o presente”, em Contaminação por arsênico no meio ambiente.** Berlim, Alemanha: Springer, 1–12. doi: 10.1007/978-3-319-54356-7\_1

GUSTIN, M.S. et al. **Mercury biogeochemical cycling: A synthesis of recent scientific advances.** Science of the Total Environment, 1 out. 2020, v. 737, p. 139619.

- HACON, S. De S. et al. **Mercury exposure through fish consumption in traditional communities in the Brazilian Northern Amazon.** International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020 Jul 22;17(15):1–15. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17155441>. Acesso em: 13 março 2023.
- HOUSTON, M. C. Role of mercury toxicity in hypertension, cardiovascular disease, and stroke. **The Journal of Clinical Hypertension**, v. 13, n. 8, p. 621–627, 2011.
- HU, X. F.; SINGH, K.; CHAN, H. M. Mercury exposure, blood pressure, and hypertension: A systematic review and dose–response meta-analysis. **Environmental health perspectives**, v. 126, n. 07, p. 076002, 2018.
- HUANG, Y.; WAN, Z.; ZHANG, M.; HU, L.; SONG, L.; WANG, Y.; LV, Y.; WANG L. **The association between urinary metals/metalloids and chronic kidney disease among general adults in Wuhan, China.** Sci Rep. 2023; 13(1):15321.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. ALTA- MIRA: Altamira.html. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/altamira.html>. Acessado em: 01 de novembro de 2023.
- INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL; REDE XINGU+ NETWORK. Garimpo: O mal que perdura no Xingu, Dados de 2018 a junho de 2023. Brasília, 2023. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/acervo/documentos/garimpo-o-mal-que-perdura-no-xingu-dados-de-2018-junho-de-2023>. Visitado em: 16/02/2023.
- JALILI, C.; KAZEMI, M.; CHENG, H.; MOHAMMADI, H.; BABAEI, A.; et al. **Associations between exposure to heavy metals and the risk of chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis.** Critical Reviews in Toxicology. 2021, 51(2): 165–182.
- KHOURY, E.D.T.; SOUZA, G.S.; COSTA, C.A.; ARAÚJO, A.A.K.; DE OLIVEIRA C.S.B.; et al., **Somatosensory Psychophysical Losses in Inhabitants of Riverside Communities of the Tapajós River Basin, Amazon, Brazil: Exposure to Methylmercury Is Possibly Involved.** PLoS One. 2015; 10(12): e0144625.
- KHOURY, E.D.T.; SOUZA, G.S.; SILVEIRA, L.C.L.; COSTA, C.A.; DE ARAÚJO, A.A.; et al. **Neurological manifestations in riverine populations from areas exposed to mercury in the Brazilian Amazon.** Cad. Saúde Pública. 2013, 29(11):2307- 2318.
- LENTINI, P.; ZANOLI, L.; GRANATA, A.; SIGNORELLI, S.S.; CASTELLINO, P.; et al. **Kidney and heavy metals - The role of environmental exposure (Review).** Mol Med Rep. 2017, 15(5): 3413-3419.
- LINO, A.S. et al. **Total and methyl mercury distribution in water, sediment, plankton and fish along the Tapajós River basin in the Brazilian Amazon.** Chemosphere. 2019 Nov 1;235:690–700. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.027>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- LOBO, F.L.; COSTA, M.; NOVO, E.M.L.M.; TELMER, K. Effects of Small- Scale Gold Mining Tailings on the Underwater Light Field in the Tapajós River Basin, Brazilian Amazon. Remote Sens. 2017. 9: 861.

LOBO, F.L.; NOVO, E.M.L.M.; BARBOSA, C.C.F.; VASCONCELOS, V.H.F. **Monitoring Water Siltation Caused by Small-Scale Gold Mining in Amazonian Rivers Using Multi-Satellite Images**. In: *Limnology: Some New Aspects of Inland Water Ecology*. Edited by Didem Gökçe. IntechOpen. 2019. 164 p.

LOPES, M.C.B. et al. **Total mercury in wild felids occurring in protected areas in the central Brazilian Amazon**. *Acta Amazonica*. 2020;50(2):142–148. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201903331>.

LUNYERA, J.; SMITH, S.R. Heavy metal nephropathy: considerations for exposure analysis. *Kidney Int*. 2017; 92(3):548-550.

LUO, L.; WANG, B.; JIANG, J.; HUANG, Q.; YU, Z.; LI, H.; et al. (2020). **Contaminação por metais pesados em fitoterápicos: determinação, avaliações de risco abrangentes**. *Frente. Pharmacol*. 11, 595335. doi:10.3389/fphar.2020.595335

LYMAN, S.N. et al. **An updated review of atmospheric mercury**. *Science of the Total Environment*, 10 mar. 2020, v. 707, p. 135575.

MARINHO, A. W. G. B.; GALVÃO, T. F.; SILVA, M. T. (2020). **Prevalência de doença renal crônica autorreferida em adultos na Região Metropolitana de Manaus: estudo transversal de base populacional, 2015**. *Epidemiol. Serv. Saude*, Brasília, 29(1), e2019122. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000100003>

MARINHO, A.W.G.B.; PENHA, A.P.; SILVA, M.T.; GALVÃO, T.F. Prevalência de doença renal crônica em adultos no Brasil: revisão sistemática da literatura. *Cad. saúde colet*. 2017; 25(3): 379-88. <https://doi.org/10.1590/1414-462x201700030134>

MARTINEZ, C. S. **Efeitos da exposição ao alumínio sobre parâmetros neurológicos, reprodutores, cardiovasculares e bioquímicos em ratos**. Universidade Federal do Pampa. Uruguai, p. 111. 2017.

MAZRUI, N.M. et al. **Enhanced availability of mercury bound to dissolved organic matter for methylation in marine sediments**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1 dez. 2016, v. 194, p. 153–162.

MENESES, H.D.N.D.M.; OLIVEIRA-DA-COSTA, M.; BASTA, P.C.; MORAIS, C.G.; PEREIRA, R.J.B.; DE SOUZA, S.M.S.; HACON, S.D.S. **Mercury Contamination: A Growing Threat to Riverine and Urban Communities in the Brazilian Amazon**. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 2816.

MOODY, E.C.; COCA, S.G.; SANDERS, A.P. **Toxic metals and chronic kidney disease: A systematic review of recent literature**. *Curr Environ Health Rep*. 2018, 5(4): 453–463.

PAGAN, L. U.; CEZAR, M. D. M.; DAMATTO, R. L. (2019). **Alterações Decorrentes da Exposição ao Mercúrio em Ratos Normotensos e Hipertensos**. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 112(4), 381-382. <https://doi.org/10.5935/abc.20190025>

PANTOJA-LIMA, J.; ARIDE, PHR; OLIVEIRA, AT; FÉLIX-SILVA, D.; PEZZUTI, JCB; REBÊLO, GH. **Cadeia de comercialização de Podocnemis spp. tartarugas (Testudines)**

**Podocnemididae) no rio Purus, bacia amazônica, Brasil: situação atual e perspectivas.** J. Etnobiol. Etnomizado. 2014, 10, 8. [CrossRef] [PubMed]

PRETTO, C. R.; WINKELMANN, E.R.; HILDEBRANDT, L.M.; BARBOSA, D. A.; COLET, C.F.; STUMM, E.M.F. **Quality of life of chronic kidney patients on hemodialysis and related factors.** Revista Latino-Americana de Enfermagem, [S.L.], v. 28, p. 1-11, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.3641.3327>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/9JDNyTBwTMqt4br7svXJT4v/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 mar. 2024.

PIGNATI, M.T.; PEZZUTI, J.C.B.; SOUZA, L.C.; LIMA, M.O.; PIGNATI, W.A.; MENDES, R.A. **Assessment of Mercury Concentration in Turtles (Podocnemis unifilis) in the Xingu River Basin, Brazil.** Int J Environ Res Public Health. 2018, 15(6): 1185.

RAMOS, A.R.A.; DE OLIVEIRA, K.A.; RODRIGUES, F.S. **Mercury-Based Mining in Yanomami Indigenous Lands and Accountabilities.** Ambiente & Sociedade. 2020; 23: 1-22.

RATNAIKE, R.N.; (2003). Toxicidade aguda e crônica por arsênico. Pós-graduação. Med. J. 79 (933), 391–396. doi:10.1136/pmj.79.933.391

REBÊLO, G.H; PEZZUTI, J. Percepções sobre o consumo de Quelônios na Amazônia. Ambiente. Sociedade 2000, 6, 85–104. [CruzRef]

REDE XINGU+ NETWORK. Xingu River basin deforestation assessment (2018-2020): Near real-time deforestation radar monitoring system in the Xingu river basin (Sirad X). 'Observatório de Olho no Xingu' of the Xingu + Network; 2021. Disponível em: <https://www.xingumais.org.br/>. Visitado em: 19/11/2022.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais efeitos da presença de Alumínio na água para consumo humano.** Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2011.

RIBEIRO, D.R.G.; FACCIN, H.; DAL MOLIN, T.R.; CARVALHO, L.M.; AMADO, L.L. **Metal and metalloid distribution in different environmental compartments of the middle Xingu River in the Amazon, Brazil.** Sci Total Environ. 2017 Dec 15;605- 606:66-74.

SANTOS-SACRAMENTO, L.; ARRIFANO, G.P.; LOPES-ARAÚJO, A.; AUGUSTO-OLIVEIRA, M.; ALBUQUERQUE-SANTOS, R.; TAKEDA, P.Y.; SOUZA-MONTEIRO, J.R.; MACCHI, B.M.; NASCIMENTO, J.L.M.; LIMA, R.R.; CRESPO-LOPEZ, M.E. **Human neurotoxicity of mercury in the Amazon: A scoping review with insights and critical considerations.** Ecotoxicol Environ Saf. 2021; 208: 111686.

SILVA, S. F. Da et al. **Seasonal variation of mercury in commercial fishes of the Amazon Triple Frontier, Western Amazon Basin.** Ecological Indicators, 1 nov. 2019. v. 106, p. 105549.

SMERECZAŃSKI, N.M.; BRZÓSKA, M.M. **Current Levels of Environmental Exposure to Cadmium in Industrialized Countries as a Risk Factor for Kidney Damage in the General Population: A Comprehensive Review of Available Data.** Int J Mol Sci. 2023; 24(9):8413.

SOUZA, A.C.S.V.; ALENCAR, K.C.; LANDIM, N.L.M.P.; OLIVEIRA, P.M.S.; LEITE, C.M.C. Perfil epidemiológico da morbimortalidade e gastos públicos por Insuficiência Renal no Brasil. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 9, p. 1-19, 28 ago. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7399>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/7399/6690/109758>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SOUZA-ARAÚJO, J.; ANDRADES, R.; HAUSER-DAVIS, R.A.; LIMA, M.O.; GIARRIZZO, T. **Before the Dam: A Fish-Mercury Contamination Baseline Survey at the Xingu River, Amazon Basin Before the Belo Monte Dam**. Bull Environ Contam Toxicol. 2022 May;108(5):861-866.

SOUZA-ARAÚJO, J.; GIARRIZZO, T.; LIMA, MO. **Mercury concentration in different tissues of Podocnemis unifilis (Troschel, 1848) (Podocnemididae: Testudines) from the lower Xingu River – Amazonian, Brazil**. Braz. J. Biol., 2015, 75(3): S106-S111.

SOUSA, R.S.; SILVA, G.C.; BAZZAN, T.; DE LA TORRE, F.; NEBO, C. **Connections among Land Use, Water Quality, Biodiversity of Aquatic Invertebrates, and Fish Behavior in Amazon Rivers**. Toxics. 2022. 10(4):182.

THOMÉ, F. S.; SESSO, R. C.; LOPES, A. A.; LUGON, J. R.; MARTINS, C. T. Brazilian chronic dialysis survey 2017. **Brazilian Journal Of Nephrology**, [S.L.], v. 41, n. 2, p. 208-214, jun. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-8239-jbn-2018-0178>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-28002019005013101&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-28002019005013101&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 24 fev. 2024.

THOMÉ, F. S.; SESSO, R.C.; LOPES, A.A.; LUGON, J.R.; MARTINS, C. T. Brazilian chronic dialysis survey 2017. **Brazilian Journal Of Nephrology**, [S.L.], v. 41, n. 2, p. 208-214, jun. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-8239-jbn-2018-0178>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-28002019005013101&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-28002019005013101&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 28 fev. 2022.

TSAI, M.H.; FANG Y.W.; LIOU H.H.; LEU J.G.; LIN, B.S. **Association of Serum Aluminum Levels with Mortality in Patients on Chronic Hemodialysis**. Sci Rep. 2018; 8(1):16729.

VASCONCELLOS, A.C.S.; HALLWASS, G.; BEZERRA, J.G.; ACIOLE, A.N.S.; MENESES, H.N.M.; LIMA, M.O.; JESUS, I.M.; HACON, S.S.; BASTA, P.C. **Health Risk Assessment of Mercury Exposure from Fish Consumption in Munduruku Indigenous Communities in the Brazilian Amazon**. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 7940.

WANG, R.; LONG, T.; HE, J.; XU, Y.; WEI, Y.; ZHANG, Y.; HE, X.; HE, M. **Associations of multiple plasma metals with chronic kidney disease in patients with diabetes**. Ecotoxicol Environ Saf. 2022; 244:114048.

WEI, Y.; LYU, Y.; CAO, Z.; ZHAO, F.; LIU, Y.; CHEN, C.; LI, C.; GU, H.; LU, F.; ZHOU, J. **Association of low cadmium and mercury exposure with chronic kidney disease among Chinese adults aged ≥80 years: A cross-sectional study**. Chin Med J (Engl). 2022; 135(24):2976-2983.

WORLD POPULATION PROSPECT. (2023). Disponível em: <https://worldpopulationreview.com/>. Acessado em: 01 de novembro de 2023.

YANCHEVA, V. et al. **Histological biomarkers in fish as a tool in ecological risk assessment and monitoring programs: A review.** Applied Ecology and Environmental Research. 2016;14(1):47075. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1401\\_047075](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1401_047075). Acesso em: 31 out. 2023.

ZHANG, Z.; GAO, X.; GUO, M.; JIANG, H.; CAO, Y.; ZHANG, N. (2017). **O efeito protetor da Baicalina contra dano oxidativo renal induzido por chumbo 1 em camundongos.** Biol Trace Elem Res 175:129–135

UFPA - INSTITUTO DE  
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
PARÁ



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ANÁLISE DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS NA ÁGUA POTÁVEL FORNECIDA À POPULAÇÃO URBANA DE ALTAMIRA E O SEU POSSÍVEL IMPACTO EPIDEMIOLÓGICO SOB DOENÇAS CRÔNICAS RENAIS

**Pesquisador:** ADENILSON LEÃO PEREIRA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 71992123.3.0000.0018

**Instituição Proponente:** Campus Universitário de Altamira

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.531.099

#### Apresentação do Projeto:

A contaminação dos recursos hídricos por metais pesados, e sua bioacumulação em espécies de animais e humanos é um grave problema ambiental e está relacionado principalmente ao descarte inadequado de rejeitos nos rios. A exposição aguda ou crônica a metais pesados

(especialmente o mercúrio) por meio da ingestão de água contaminada ou através de alimentos (ex.: peixes) contaminados, é um problema de saúde coletiva, devido ao grande número de doenças causadas por estes contaminantes. Este trabalho será realizado com o objetivo de investigar as concentrações de metais pesados na água potável oriunda do rio Xingu que é distribuída a população urbana, e a sua possível relação com o perfil epidemiológico de doenças renais crônicas observada na cidade de Altamira, PA. As amostras de água potável serão coletadas na área urbana da cidade de Altamira, onde a situação do sistema de abastecimento de água é constante e regular. Os metais a serem dosados e avaliados serão: Arsênio, Cromo, Cádmio, Chumbo, Manganês, Ferro, Níquel, Zinco e Mercúrio. Serão coletadas 24 amostras em pontos estratégicos como centro de captação da água do rio Xingu, centro de tratamento e distribuição, reservatórios apoiados de distribuição (RAP) e nas residências. As amostras de água coletadas serão encaminhadas ao Instituto Evandro Chagas (IEC) para análise química, e a coleta seguirá os procedimentos

operacionais padrão (POP/IEC) adotados pelo Instituto. Os ensaios analíticos ocorrerão no

**Endereço:** Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.  
**Bairro:** Guamá **CEP:** 66.075-110  
**UF:** PA **Município:** BELEM  
**Telefone:** (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepocs@ufpa.br

Continuação do Parecer: 6.531.099

equipamento de Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS). As concentrações dos metais pesados analisados serão comparadas às concentrações de potabilidade estabelecidas pela atual legislação brasileira e Organização Mundial da Saúde (OMS). Os dados epidemiológicos, serão levantados e analisados a partir dos prontuários médicos de pacientes renais crônicos atendidos e tratados no Hospital Regional Público da Transamazônica nos últimos 6 anos. Os resultados serão tabulados em planilha e as análises serão realizadas no software R (versão 4.0.3). Considerando a atual situação do rio

Xingu, o qual é alvo de garimpo "artesanal" e sem os devidos cuidados de descarte de mercúrio (em sua maioria despejado no rio) utilizado na extração de ouro, e a instalação da Usina Hidroelétrica de Belo Monte, atividades essas que podem contaminar e/ou disseminar metais pesados nas águas do rio Xingu, se faz necessário a avaliação da água fornecida a população urbana de Altamira. Ressaltamos que a água potável fornecida a

população urbana de Altamira tem origem da captação das águas do rio Xingu. Portanto, nesse estudo piloto de avaliação de contaminantes (metais pesados), esperamos caracterizar o perfil de concentração de metais pesados na água potável fornecida e consumida pela população urbana de Altamira. Além disso, pretendemos caracterizar o perfil epidemiológico dos casos de doenças crônicas renais na cidade de Altamira e, por meio de uma comparação empírica, estabelecer sua possível relação à exposição aos metais pesados presentes na água potável consumida pela população.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

Avaliar a presença de traços de metais pesados na água potável consumida pela população urbana de Altamira, Pará.

**Objetivo Secundário:**

Avaliar a presença de traços de metais pesados em água potável fornecida e consumida pela população urbana de Altamira. Identificar e quantificar os tipos de metais pesados que podem estar presentes na água potável consumida pela população urbana de Altamira. Comparar os níveis de concentração de metais pesados nas amostras analisadas aos valores recomendados pela resolução CONAMA vigente. Avaliar o perfil epidemiológico de doenças renais crônicas no município de Altamira. Traçar a possível relação entre a presença de metais pesados na água potável e o perfil epidemiológico de doenças crônicas renais na cidade de Altamira.

**Endereço:** Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.

**Bairro:** Guamá **CEP:** 66.075-110

**UF:** PA **Município:** BELEM

**Telefone:** (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepccs@ufpa.br

Continuação do Parecer: 6.531.099

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

Considerando que toda pesquisa envolvendo seres humanos apresenta riscos, o dano poderá ser imediato ou tardio, afetando o indivíduo ou a coletividade. A análise/revisão de prontuários clínicos utilizado neste estudo pode ser considerada de risco mínimo para os participantes, uma vez que, eles não serão identificados e nem terão sua intimidade exposta. Entretanto, ainda que remota dada a responsabilidade e comprometimento de

toda a equipe de pesquisa que está amparado em bases técnicas e científicas com garantias dos termos (Termo de Compromisso de Utilização de Dados-TCUD), garantindo com segurança da confidencialidade, privacidade e proteção dos dados; além da garantia técnica com profissionais habilitados aos métodos de coleta de dados que serão respeitados os valores individuais e o sigilo envolvido na manipulação desses documentos. Com relação a segurança dos prontuários (ex.: quebra de sigilo e/ou perda de dados), o risco será minimizado com o acesso e a manipulação dos prontuários clínicos sendo limitado e exclusivo à equipe de pesquisadores autorizados pelo CEP, ao tempo, a quantidade e a qualidade das informações especificadas no projeto de pesquisa.

**Benefícios:**

O estudo irá permitir a identificação de possíveis contaminações na água potável fornecida à população de Altamira, e uma vez constatada essa possível contaminação, será possível alertar os agentes públicos quanto ao problema identificado. Além disso, o perfil epidemiológico de doenças crônicas renais será caracterizado o que permitirá identificar o cenário epidemiológico de tal doença.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O protocolo encaminhado dispõe de metodologia e critérios definidos conforme resolução 466/12 do CNS/MS. Trata ainda em resolver pendências citadas no parecer nº6.291.532, que depois de ser avaliado por este colegiado, entende-se como, pendências resolvidas e aceitas.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos apresentados, nesta versão, contemplam os sugeridos pelo sistema CEP/CONEP.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Endereço:** Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.

**Bairro:** Guamá

**CEP:** 66.075-110

**UF:** PA

**Município:** BELEM

**Telefone:** (91)3201-7735

**Fax:** (91)3201-8028

**E-mail:** cepocs@ufpa.br

**UFPA - INSTITUTO DE  
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
PARÁ**



Continuação do Parecer: 6.531.099

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_2170383.pdf	26/09/2023 16:27:03		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf	26/09/2023 16:26:18	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito
Outros	correcoes_recomendacoes_cep.pdf	26/09/2023 16:21:16	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCUD.pdf	26/09/2023 16:17:27	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito
Outros	declaracao_de_isencao_onus_financeiro.pdf	26/09/2023 16:15:46	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito
Outros	termo_de_aceite_do_orientador.pdf	19/07/2023 10:11:47	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito
Outros	termo_de_consentimento_instituicao.pdf	19/07/2023 10:10:43	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito
Outros	termo_de_compromisso_do_pesquisador.pdf	19/07/2023 10:09:20	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito
Outros	carta_encaminhamento_ao_cep.pdf	19/07/2023 10:07:56	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	19/07/2023 10:06:46	ADENILSON LEÃO PEREIRA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BELEM, 24 de Novembro de 2023

**Assinado por:**

**Wallace Raimundo Araujo dos Santos  
(Coordenador(a))**

**Endereço:** Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá ,UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.  
**Bairro:** Guamá **CEP:** 66.075-110  
**UF:** PA **Município:** BELEM  
**Telefone:** (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepocs@ufpa.br

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

Elaborado pela Instituição Coparticipante

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** ANÁLISE DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS NA ÁGUA POTÁVEL FORNECIDA À POPULAÇÃO URBANA DE ALTAMIRA E O SEU POSSÍVEL IMPACTO EPIDEMIOLÓGICO SOB DOENÇAS CRÔNICAS RENAIS

**Pesquisador:** ADENILSON LEÃO PEREIRA

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 71992123.3.3001.0019

**Instituição Proponente:** Instituto Evandro Chagas/SVS/MS

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 6.795.886

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um estudo transversal para analisar a presença de metais na água potável recebida por residências da região urbana de Altamira. Serão utilizados 22 pontos de amostragem, sendo: 19 amostras de água de torneira oriundas de residências da região urbana da cidade de Altamira, e 3 amostras de água de torneira oriundas de centro de tratamento e captação das águas do Rio Xingu, também localizados em área urbana da cidade. O estudo ainda propõe o levantamento e análise de prontuários médicos de pacientes renais crônicos atendidos no Hospital Regional Público da Transamazônica (HRPT) nos últimos 6 anos (2016-2022). É informado que os dados somente serão acessados e analisados após o HRPT conceder autorização e indica que o estudo será submetido ao comitê de ética local conforme estabelecido em lei. Serão incluídos no estudo pacientes diagnosticados com doença renal crônica residentes no município de Altamira, em tratamento conservador ou diálise. Serão excluídos do estudo pacientes com diagnósticos de doença renal crônica causada por intoxicação medicamentosa ou química, infecções, doenças autoimunes e traumas. O estudo observa os princípios éticos, propõe o uso do Termo de Compromisso de Utilização de Dados e solicita a dispensa de TCLE.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

**Endereço:** Rodovia BR-316, Km 07, SN Prédio da Administração, sala Placa CEP/IEC  
**Bairro:** Levilândia **CEP:** 67.030-000  
**UF:** PA **Município:** ANANINDEUA  
**Telefone:** (91)3214-2165 **E-mail:** cep@iec.gov.br

Continuação do Parecer: 6.795.986

Avaliar a presença de traços de metais pesados na água potável consumida pela população urbana de Altamira, Pará.

**Objetivo Secundário:**

Avaliar a presença de traços de metais pesados em água potável fornecida e consumida pela população urbana de Altamira.

Identificar e quantificar os tipos de metais pesados que podem estar presentes na água potável consumida pela população urbana de Altamira.

Comparar os níveis de concentração de metais pesados nas amostras analisadas aos valores recomendados pela resolução CONAMA vigente.

Avaliar o perfil epidemiológico de doenças renais crônicas no município de Altamira.

Traçar a possível relação entre a presença de metais pesados na água potável e o perfil epidemiológico de doenças crônicas renais na cidade de Altamira.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

Considerando que toda pesquisa envolvendo seres humanos apresenta riscos, o dano poderá ser imediato ou tardio, afetando o indivíduo ou a coletividade. A análise/revisão de prontuários clínicos utilizado neste estudo pode ser considerada de risco mínimo para os participantes, uma vez que, eles não serão identificados e nem terão sua intimidade exposta. Entretanto, ainda que remota dada a responsabilidade e comprometimento de

toda a equipe de pesquisa que está amparado em bases técnicas e científicas com garantias dos termos (Termo de Compromisso de Utilização de Dados-TCUD), garantindo com segurança da confidencialidade, privacidade e proteção dos dados; além da garantia técnica com profissionais habilitados aos métodos de coleta de dados que serão respeitados os valores individuais e o sigilo envolvido na manipulação desses documentos.

Com relação a segurança dos prontuários (ex.: quebra de sigilo e/ou perda de dados), o risco será minimizado com o acesso e a manipulação dos prontuários clínicos sendo limitado e exclusivo à equipe de pesquisadores autorizados pelo CEP, ao tempo, a quantidade e a qualidade das informações especificadas no projeto de pesquisa

**Benefícios:**

O estudo irá permitir a identificação de possíveis contaminações na água potável fornecida à

**Endereço:** Rodovia BR-316, Km 07, SN Prédio da Administração, sala Placa CEP/IEC  
**Bairro:** Levilândia **CEP:** 67.030-000  
**UF:** PA **Município:** ANANINDEUA  
**Telefone:** (91)3214-2165 **E-mail:** cep@iec.gov.br

Continuação do Parecer: 0.795.886

população de Altamira, e uma vez constatada essa possível contaminação, será possível alertar os agentes públicos quanto ao problema identificado. Além disso, o perfil epidemiológico de doenças crônicas renais será caracterizado o que permitirá identificar o cenário epidemiológico de tal doença.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O Estudo sobre o ANÁLISE DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS NA ÁGUA POTÁVEL FORNECIDA À POPULAÇÃO URBANA DE ALTAMIRA E O SEU POSSÍVEL IMPACTO EPIDEMIOLÓGICO SOB DOENÇAS CRÔNICAS RENAIS é bem descrito. Apresenta-se bem delimitado aos objetivos propostos, a metodologia apresentada e técnicas da coleta de dados corroboram com os procedimentos recomendados para o atendimento aos preceitos éticos e de responsabilidade do serviço público e de interesse social, conforme Art.2º da Resolução 580/2018 do CNS.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O projeto caracteriza os riscos e benefícios, e os procedimentos adotados na forma de Termos obrigatórios para garantir o sigilo, a privacidade e a confidencialidade dos dados do participante da pesquisa, incluindo a restrição do número de pesquisador para manipular os prontuários e o uso apenas durante o tempo necessário para a coleta de dados, em observação ao Art. 10 §2º da Resolução 580/2018 do CNS.

**Recomendações:**

O pesquisador deve incluir na metodologia que ao final do estudo os resultados da pesquisa serão divulgados para a instituição onde foram coletados os dados, em observação ao Art.9º da Resolução 580/2018 do CNS.

Recomenda-se atualizar a localização temporal do estudo, de forma a excluir o termo últimos 6 anos, uma vez que trata de um período específico (2016-2022)

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não foram observados óbices éticos nos documentos do estudo.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa, o CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS n.º 466, de 2012, e na Norma Operacional n.º 001, de 2013, do CNS, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa.

Enviar relatório semestral e, ao final, elaborar relatório consolidado, incluindo os resultados finais da pesquisa, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, após a finalização da mesma.

**Endereço:** Rodovia BR-316, Km 07, S/N Prédio da Administração, sala Placa CEP/IEC  
**Bairro:** Levilândia **CEP:** 67.030-000  
**UF:** PA **Município:** ANANINDEUA  
**Telefone:** (91)3214-2165 **E-mail:** cep@iec.gov.br

Continuação do Parecer: 6.795.886

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_2253497.pdf	27/03/2024 15:41:37		Aceito
Declaração de concordância	anuencia.pdf	27/03/2024 15:40:50	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Outros	Correcoes.pdf	27/03/2024 15:35:08	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_2253497.pdf	28/11/2023 09:45:58		Aceito
Outros	pendencia_documental_correcao.pdf	28/11/2023 09:43:30	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Outros	pendencia_documental_correcao.pdf	28/11/2023 09:43:30	ADENILSON LEAO PEREIRA	Postado
Declaração de concordância	Carta_Anuencia_instituicao_coparticipante.pdf	28/11/2023 09:42:33	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Declaração de concordância	Carta_Anuencia_instituicao_coparticipante.pdf	28/11/2023 09:42:33	ADENILSON LEAO PEREIRA	Postado
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf	26/09/2023 16:26:18	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Outros	correcoes_recomendacoes_cep.pdf	26/09/2023 16:21:16	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCUD.pdf	26/09/2023 16:17:27	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Outros	declaracao_de_isencao_onus_financeiro.pdf	26/09/2023 16:15:46	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Outros	termo_de_aceite_do_orientador.pdf	19/07/2023 10:11:47	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Outros	termo_de_consentimento_instituicao.pdf	19/07/2023 10:10:43	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Outros	termo_de_compromisso_do_pesquisador.pdf	19/07/2023 10:09:20	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito
Outros	carta_encaminhamento_ao_cep.pdf	19/07/2023 10:07:56	ADENILSON LEAO PEREIRA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: Rodovia BR-316, Km 07, S/N Prédio da Administração, sala Placa CEP/IEC  
 Bairro: Levilândia CEP: 67.030-000  
 UF: PA Município: ANANINDEUA  
 Telefone: (91)3214-2165 E-mail: cep@iec.gov.br

INSTITUTO EVANDRO  
CHAGAS - IEC/SVS/MS



Continuação do Parecer: 6.735.886

ANANINDEUA, 30 de Abril de 2024

---

**Assinado por:**  
**DANIELLE MURICI BRASILIENSE SELIGMANN**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rodovia BR-316, Km 07, SN Prédio da Administração, sala Placa CEP/IEC  
**Bairro:** Levilândia **CEP:** 67.030-000  
**UF:** PA **Município:** ANANINDEUA  
**Telefone:** (91)3214-2165 **E-mail:** cep@iec.gov.br

Página 05 de 05