



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO DAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE MEDICINA**

ANA BEATRIZ FERNANDES DE CARVALHO MOTA

**TENDÊNCIA TEMPORAL DA MORTALIDADE POR CÂNCER EM REGIÃO
URANÍFERA**

**BARREIRAS-BA
2025**

ANA BEATRIZ FERNANDES DE CARVALHO MOTA

**TENDÊNCIA TEMPORAL DA MORTALIDADE POR CÂNCER EM REGIÃO
URANÍFERA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro das Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal do Oeste da Bahia como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Medicina.

Orientadora: Profa. Daiene Rosa Gomes
Coorientadora: Profa. Márcia Regina de Oliveira
Pedroso

**Barreiras-BA
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA

M917 Mota, Ana Beatriz Fernandes de Carvalho.

Tendência Temporal da Mortalidade de Câncer em Região Uranífera. / Ana Beatriz Fernandes de Carvalho Mota. – 2025.

53f.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Daiene Rosa Gomes.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina) –. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Biológicas e da Saúde. Barreiras, BA, 2025.

1. Câncer. 2. Urânio. 3. Registros de Mortalidade.. I. Gomes, Daiene Rosa. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Biológicas e da Saúde. III. Título.

CDD 616.994



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA

Centro das Ciências Biológicas e da Saúde

Curso de Medicina

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 05 dias do mês de fevereiro de 2025, às 09 horas, em sessão pública por videoconferência da Universidade Federal do Oeste da Bahia, na presença da Banca Examinadora presidida pelo(a) Professor(a) Márcia Regina de Oliveira Pedroso e composta pelos examinadores: Nut. Ellen Araújo Oliveira, Prof. Dr. Bruno Klécio Andrade Teles e Prof. Rafael Leite Nunes, o(a) aluno(a) **Ana Beatriz Fernandes de Carvalho Mota** apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: “Tendência temporal da mortalidade por câncer em região uranífera” como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Medicina. Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela aprovação do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao aluno e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores.



Documento assinado digitalmente

MARCIA REGINA DE OLIVEIRA PEDROSO

Data: 11/02/2025 13:04:32-0300

CPF: ***.391.630-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Dra. Márcia Regina de Oliveira Pedroso

Presidente da Banca Examinadora



Documento assinado digitalmente

ELLEN ARAUJO OLIVEIRA

Data: 11/02/2025 12:08:19-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nut. Ellen Araújo Oliveira



Documento assinado digitalmente

BRUNO KLECIUS ANDRADE TELES

Data: 06/02/2025 10:14:26-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Bruno Klécio Andrade Teles



Documento assinado digitalmente

RAFAEL LEITE NUNES

Data: 11/02/2025 10:04:08-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Rafael Leite Nunes

Dedico esse trabalho ao meu avô Zequinha, que me mostrou qual caminho seguir. Ao meu muito amado irmão Miguel. Mas especialmente dedico a Natalina, que um dia sonhou com um futuro brilhante para mim, e hoje é a estrela que mais brilha no céu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e à Nossa Senhora Santana, que me protegem e me guiam todos os dias.

À minha orientadora, Profa Daiene, obrigada pelo apoio e auxílio. À minha coorientadora Profa Márcia, agradeço profundamente seu acolhimento, incentivo e, sobretudo, por sua confiança no meu potencial. Aos Drs, Lander e Diego, pelas suas contribuições essenciais para a escrita desse trabalho.

Aos meus pais, Fernanda e Davi que, mesmo seguindo caminhos diferentes, nunca deixaram de caminhar comigo. Sou grata pelo amor incondicional que sempre me ofereceram.

À minha família amada e aos meus avós, obrigada por todo o carinho e por contribuírem para que eu pudesse realizar o meu sonho. Minha avó Verbena, te conhecer é te amar. Este trabalho também é um reflexo da sua presença constante e amorosa em minha vida.

Aos meus mestres, desde a Carrossel, COOPEC, Bernoulli e agora na UFOB, meu profundo reconhecimento e eterna gratidão. Agradeço especialmente à professora Janna (prima). Uma das maiores honras da minha vida foi ser sua aluna, tanto na sala de aula quanto fora dela.

Aos meus amigos da UFOB, que todas as reclamações e cafezinhos na cantina se transformem em uma amizade duradoura. Obrigada por serem meu lar longe de casa.

Para as minhas irmãs de outras mães, Luli, Sorry, Du e Mila. Obrigada por lerem esse TCC muitas (ênfase no muitas) vezes e por tantas outras coisas que não caberiam aqui. Sou grata a vocês por todo o afeto e torço imensamente pelo sucesso de cada uma.

Por fim, ao meu namorado, Cláudio, que nunca mediu esforços para me apoiar. Agradeço pela paciência infinita nas minhas ausências e pelo amor, carinho e encorajamento diários.

RESUMO

Introdução: O câncer é um problema de saúde mundial, se caracterizando como a segunda principal causa de morte no Brasil. Possui etiologia multicausal e dentre os diversos fatores, destaca-se a radiação ionizante, cuja exposição ao minério de urânio como na região de Caetité, merece investigação. **Objetivo:** Descrever e analisar a tendência temporal das taxas de mortalidade por câncer em Caetité do período de 1996 a 2022, comparando-se com o Núcleo Regional de Saúde de Guanambi e com a Bahia. **Métodos:** Estudo ecológico onde foram analisados os óbitos por neoplasias a partir dos dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade. Foram calculadas as taxas de mortalidade geral por neoplasias e dos seguintes tecidos: pulmonar, renal, ósseo, mama, próstata e sistema hematopoiético. Para o estudo da tendência temporal, foi utilizada a regressão linear de Prais-Winsten com variância robusta. **Resultados:** No período analisado, ocorreram 905 óbitos por neoplasias em Caetité, com taxas de mortalidade que variaram de 24,76 em 1996 a 117,22 por 100 mil habitantes em 2022. Há uma tendência crescente e estatisticamente significativa para as três localidades, sendo que a variação percentual anual para Caetité foi de 14,0% (IC95%: 11,4-16,8) e para a Regional de Saúde de Guanambi de 17,0% (IC95%: 14,2-19,8), ambas superiores ao encontrado para a Bahia (10,9%; IC95%: 9,9-12,0). Dentre os sítios estudados, os de acometimento mais frequentes foram a próstata, o pulmão e o sistema hematopoiético para as três localidades. As ocorrências ocorreram com maior frequência em homens, idosos, casados ou em união estável, com baixa escolaridade, e o local de ocorrência principal os estabelecimentos de saúde nas três regiões. **Conclusão:** A mortalidade por câncer demonstrou aumento nas três localidades, com este aumento mais expressivo em Caetité e na Regional de Saúde de Guanambi, destacando a importância do contexto ambiental e social na compreensão da dinâmica da doença.

Palavras-chave: Neoplasias. Urânio. Registros de Mortalidade.

ABSTRACT

Introducion: Cancer is a global health problem, being the second leading cause of death in Brasil. It has a multicausal etiology and among the various factors, ionizing radiation stands out, which exposure to uranium ore such as in the Caetité region deserves investigation.

Objective: To describe and analyze the temporal tendency of cancer mortality rates in Caetité from 1996 to 2022, comparing them with the Guanambi Regional Health Center and Bahia.

Methods: A ecological study in which death from neoplasms were analyzed based on data from the Mortality Information Sistem (MIS). The overall mortality rates from neoplasms and from the following tissues were calculated: lung, kidney, bone, breast, prostate and hematopoietic system. To study the temporal tendency, Prais-Winsten linear regression with robust variance was used.

Results: In the analysed period, 905 death occurred by neoplasms in Caetité, with mortality rates ranging from 24,76 to 117,22 per 100,000 inhabitants in 2022. There is a crescent and statistically significant tendency for the three locations, of which annual percentage variation for Caetité was 14,0% (IC95%: 11,4-16,8) and for the Regional Health of Guanambi was 17,0% (IC95%: 14,2 - 19,8), both higher than the crescent tendency found for Bahia (10,9%; IC95%: 9,9-12,0). Among the studied tissues, the most frequently affected areas were the prostate, lung and hematopoietic system in all the three locations. The occurrences occurred more frequently in men, the elderly, married or in a stable union, with low levels of education, the main location of occurrence being health establishments in the three regions.

Conclusion: Cancer mortality demonstrated an increase in the three locations, this increase being more expressive in Caetité and the Regional Health of Guanambi, highlighting the importance of the environmental and social context in understanding the dynamics of the disease.

Keywords: Neoplasms. Uranium. Mortality Registries

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Distribuição da mortalidade proporcional mundial por neoplasias segundo sítio de ocorrência em 2022.....13
- Figura 2** - Distribuição da mortalidade proporcional por neoplasias segundo sítio de ocorrência. Brasil, 2022.....14
- Figura 3** - Tendência temporal das taxas de mortalidade por neoplasias (por 100 mil habitantes), na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e no estado da Bahia no período de 1996 a 2022.....33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tendência das taxas de mortalidade por neoplasias na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e no estado da Bahia, 1996 a 2022.....34

Tabela 2 - Mortalidade proporcional dos óbitos por neoplasias segundo o sítio afetado na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e no estado da Bahia, 1996 a 2022.....35

Tabela 3 - Características sociodemográficas dos óbitos por neoplasias na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e no estado da Bahia, 1996 a 2022.....36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 CÂNCER: CONCEITO E MAGNITUDE.....	12
2.2 FATORES DE RISCO ASSOCIADOS AO CÂNCER.....	15
2.3 O URÂNIO E SEUS EFEITOS NA SAÚDE.....	19
2.4 EXTRAÇÃO DE URÂNIO NO MUNICÍPIO DE CAETITÉ.....	23
3. JUSTIFICATIVA.....	26
4. OBJETIVOS.....	27
4.1. OBJETIVO GERAL.....	27
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
5. MÉTODOS.....	28
5.1 DELINEAMENTO E LOCAL DO ESTUDO.....	28
5.2 POPULAÇÃO DE ESTUDO E FONTE DOS DADOS.....	28
5.3 VARIÁVEIS EM ESTUDO.....	29
5.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	29
5.5 ASPECTOS ÉTICOS.....	31
6. RESULTADOS.....	32
7. DISCUSSÃO.....	36
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
9. REFERÊNCIAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

O câncer é uma das principais causas de morte no mundo, sendo uma barreira importante para o aumento da expectativa de vida (Sung *et al.*, 2021). Somente em 2018, houveram 18,1 milhões de novos casos, e 9,6 milhões de mortes por cancro (Lima *et al.*, 2020). No Brasil, as doenças neoplásicas representam a segunda principal causa de morte (Ferreira L *et al.*, 2020), com taxas de mortalidade ascendentes para a maioria dos sítios (Silva G *et al.*, 2011). Essa doença maligna afeta não somente a saúde como também impacta o contexto social e econômico, prejudicando a qualidade de vida dos cidadãos (Ferreira da Silva *et al.*, 2020).

A etiologia dos carcinomas resulta de uma combinação de fatores, incluindo genéticos, estilo de vida e ambientais, que atuam de forma isolada ou sinérgica (Dutra *et al.*, 2023). O câncer ambiental refere-se à influência de agentes carcinogênicos presentes no ecossistema, como a poluição do ar, a contaminação do solo e da água potável. Muitos desses componentes estão frequentemente presentes em ambientes de trabalho, onde a exposição ocupacional é uma fonte relevante de risco (Boffetta, 2004).

Nesse sentido, um dos agentes contaminantes ambientais é o urânio (U). O U é um elemento metálico radioativo que está presente naturalmente no solo, nas rochas, nas águas superficiais e subterrâneas (Brugge *et al.*, 2011). Em locais de rota de mineração, o descarte de rejeitos e resíduos uraníferos contamina o meio ambiente circundante, elevando o risco de doenças crônicas, como neoplasias (Ma M *et al.*, 2020). Dessa maneira, a exposição a esse elemento pode resultar em toxicidade radiológica e química, e o consumo de alimentos contaminados pode produzir numerosos efeitos em humanos e animais, incluindo o câncer (Bjørklund *et al.*, 2020).

No campo da epidemiologia, diversos estudos observaram uma relação entre o aumento da mortalidade por câncer e a exposição ao U e seus produtos de decaimento. Tais efeitos têm sido amplamente investigados em trabalhadores envolvidos no ciclo do urânio, para os quais se observa um aumento significativo na mortalidade por neoplasias em geral (Ritz, 1999; Kelly-Reif *et al.*, 2019). Em particular, a neoplasia de pulmão destaca-se como uma das mais prevalentes, devido à maior exposição das células pulmonares aos subprodutos radioativos (Richardson *et al.*, 2021; Eidemüller *et al.*, 2012). Outros cancros associados com essa exposição ocupacional foram os linfohematopoiéticos (Semenova *et al.*, 2020; Guseva Canu *et al.*, 2014) e renais (López-Abente *et al.*, 2001; Yiin *et al.*, 2018). Ademais, a literatura também aponta que a exposição a componentes do U afeta negativamente a saúde óssea (Souidi *et al.*, 2008; Ma M *et al.*, 2020) e tireoidiana (van Gerwen *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2008; Malenchenko *et al.*, 1976).

No Brasil, a extração de urânio realizada pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Caetité (BA) tem gerado preocupações com a contaminação ambiental, bem como com a saúde dos trabalhadores e moradores da região. A INB é responsável pela extração de urânio na única mina em operação no Brasil. Contudo, desde o início de suas operações na região em 1999, a empresa foi alvo de investigações devido aos impactos ao ecossistema da região (Rocha, 2021).

Todavia, as pesquisas sobre os efeitos do urânio na saúde concentram-se, em sua maioria, nos trabalhadores diretamente envolvidos no ciclo uranífero, enquanto os estudos sobre a exposição ambiental em áreas residenciais próximas a instalações de urânio permanecem escassos e emergentes (Brugge *et al.*, 2011). Em Caetité, onde se localiza a única mina uranífera ativa da América Latina (Oliveira, 2013), essa lacuna é ainda mais evidente. Essa realidade evidencia a necessidade de um olhar científico mais atento, que contribua para ampliar o conhecimento sobre os possíveis impactos dessa exposição na população local, assegurando, assim, o direito à saúde e o pleno exercício do bem-estar social.

O presente trabalho objetiva descrever e analisar a tendência temporal da mortalidade por câncer na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e na Bahia, no período de 1996 a 2022.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

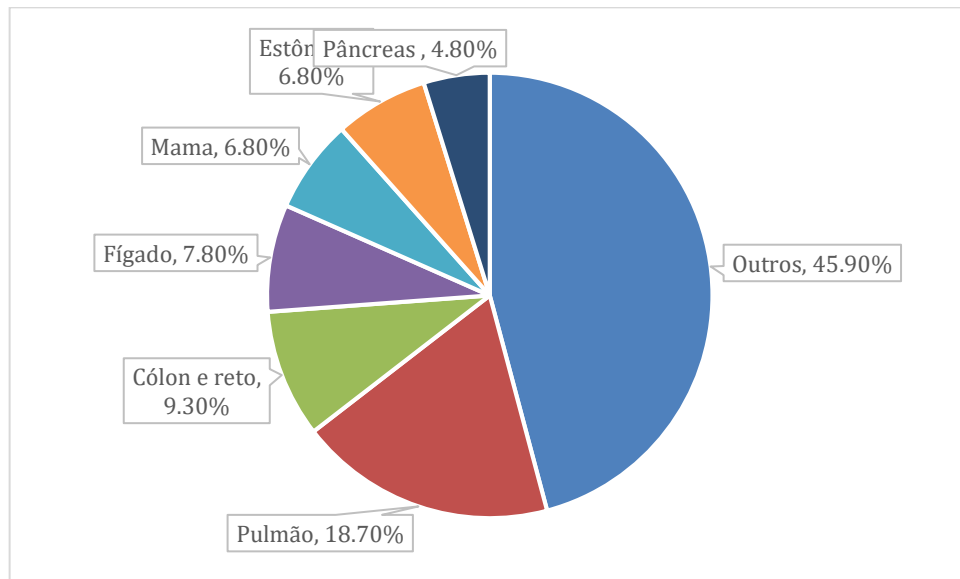
2.1 CÂNCER: CONCEITO E MAGNITUDE

O câncer pode ser definido como uma entidade patológica formada por diversas doenças divergentes, que carregam como característica comum a proliferação celular não fisiológica. No processo de carcinogênese, certos eventos moleculares são primordiais e compartilhados por essas doenças. Contudo, vale ressaltar que as neoplasias são um grupo composto por distintas morfologias, fatores de risco, manifestações clínicas, prognósticos e implicações terapêuticas. Assim, tal comportamento torna o seu estudo vasto e desafiador (Barroso-Sousa *et al.*, 2023).

O câncer se caracteriza como um dos principais problemas de saúde pública no mundo e a sua recorrência aumentou acentuadamente. Essa doença maligna é uma importante causa de morbidade e mortalidade independentemente do nível de desenvolvimento humano da nação (Bray *et al.*, 2018). Em países como China, leste da Europa, Rússia e Brasil, o cancro é a segunda principal causa de morte (Ferreira L *et al.*, 2020). Todavia, entre 30% e 40% desses cancros podem ser prevenidos, se controlados por meio de estratégias para a detecção, o tratamento precoce e mudança do estilo de vida (Islami *et al.*, 2018; Brown *et al.*, 2018).

Baseado nas estimativas do *Global Cancer Observatory* (GLOBOCAN), elaboradas pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC), retirando os cânceres de pele, a neoplasia pulmonar é a que mais mata mundialmente (18,7%), seguido pelo cólon e reto (9,3%), fígado (7,8%), mama e estômago (6,8%) e pâncreas (4,8%), assim como demonstra a Figura 1 (Bray *et al.*, 2024).

Figura 1 – Distribuição da mortalidade proporcional mundial por neoplasias segundo sítio de ocorrência em 2022.

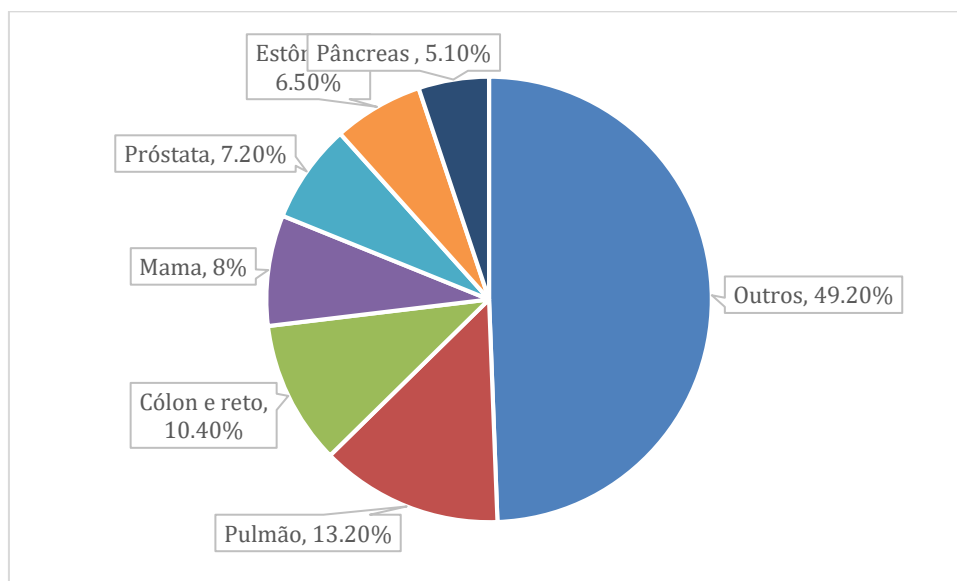


Fonte: elaborado pela autora, baseado em dados fornecidos por Bray e cols (2024)

Conforme os dados fornecidos pelo Instituto Nacional do Câncer (INCA), durante o biênio compreendido entre 2020 e 2022, o Brasil, que se destaca como o país mais populoso da América Latina, contabilizou um total de 625.370 novos casos de câncer. Nesse período, ocorreram 243.588 falecimentos atribuídos à doença. As estatísticas revelam uma taxa de mortalidade padronizada de 109,7 óbitos por 100 mil habitantes do sexo masculino e de 77,9 óbitos por 100 mil habitantes do sexo feminino (Dutra *et al.*, 2023).

No Brasil, os tipos de câncer mais comuns variam de acordo com a região e o sexo. Em 2022, a neoplasia mais fatal, retirando-se as de pele, foi a de pulmão (13,20%), seguida pela de cólon e reto (10,40%), mama (8%), próstata (7,20%), estômago (6,50%) e pâncreas (5,10%), como demonstrado pela Figura 2 (Bray *et al.*, 2024).

Figura 2 – Distribuição da mortalidade proporcional por neoplasias segundo sítio de ocorrência. Brasil, 2022.



Fonte: elaborado pela autora, baseado em dados fornecidos por Bray e cols (2024)

De acordo com pesquisa feita pelo INCA, o número de novos casos de câncer no Brasil deve atingir 704 mil por ano. Essa projeção revela um cenário preocupante, com disparidades significativas na distribuição geográfica da doença. A região Sudeste concentra a maior proporção de casos (48,4%), seguida pela Nordeste (22,8%), Sul (17,1%), Centro-Oeste (7,3%) e Norte (4,4%) (Santos M *et al.*, 2023).

Essas divergências na distribuição do câncer podem ser atribuídas a diversos fatores, como desigualdades socioeconômicas, hábitos de vida e acesso aos serviços de saúde. Assim, é fundamental que políticas públicas sejam direcionadas para cada região, considerando as especificidades de cada tipo de câncer e os desafios enfrentados pela população, a fim de garantir um diagnóstico precoce, tratamento adequado e melhoria da qualidade de vida dos pacientes (Santos E *et al.*, 2023).

Embora a região Sudeste concentre a maior proporção de novos casos por câncer, as Regiões Norte e Nordeste possuem a maior incidência de vítimas fatais (Bigoni *et al.*, 2019). Jardim e cols. (2024) realizaram um estudo que identificou que as regiões Norte e Nordeste possuem menores valores da razão incidência/mortalidade, demonstrando o alto índice de óbitos por neoplasias nessas áreas. Nesse sentido, o Sistema Único de Saúde (SUS) expressa e reproduz as desigualdades regionais do Brasil. As regiões Norte e Nordeste possuem uma maior vulnerabilidade socioeconômica e sanitária, que se traduzem em uma disparidade no que tange

ao acesso à atenção oncológica. Logo, há uma evolução temporal ascendente nos índices de mortalidade por câncer na região, enquanto outros estados mais desenvolvidos apresentam uma estabilidade ou queda (Girianelli *et al.*, 2014).

Estima-se que entre os anos de 2023 e 2025, a região Nordeste terá 15.930 novos casos de câncer, sendo os mais prevalentes os sítios: próstata, mama, colo do útero, pulmão e cólon e reto (Santos M *et al* 2023). Já na Bahia, estado nordestino com as maiores taxas de mortalidade por câncer, há uma oferta insuficiente de serviços oncológicos, o que se reflete em diagnósticos em graus de estadiamento mais avançados, dificultando um tratamento precoce e efetivo (Santos *et al.*, 2022).

2.2 FATORES DE RISCO ASSOCIADOS AO CÂNCER

A história natural de cada câncer é única, progredindo através de diferentes fatores em um processo que pode durar décadas. Essas diferenças moleculares, celulares e morfológicas combinadas determinam as características inerentes dessa patologia (Vaccarella *et al.*, 2019).

Usualmente, o sexo masculino possui taxas de incidência e mortalidade maiores do que a população feminina em razão de fatores genéticos, imunológicos e modificáveis (Barroso-Sousa *et al.*, 2023). Zhu entre outros autores (2021) apontam que os homens não somente desenvolvem câncer com mais frequência, como também possuem mais probabilidade de morrer devido à doença. Segundo esse estudo, uma hipótese é que os hormônios sexuais, como o estrogênio, medeiam a atividade das células imunológicas e a imunidade geral que poderiam impactar a resposta aos medicamentos. Além disso, as mulheres possuem células apresentadoras de antígenos (APCs) que são mais eficientes na apresentação de peptídeos do que os homens. Dessa maneira, à medida que as células cancerígenas ajustam a apresentação do antígeno para escapar da destruição pelo sistema imunológico, as disparidades sexuais nas células APCs e em suas células efectoras subsequentes podem exercer um impacto substancial sobre a resposta imunológica contra tumores e sobre as terapias imunoterápicas (Rubin *et al.*, 2020). Outrossim, fatores modificáveis como tabaco e álcool também influenciam na incidência dos cânceres entre os sexos, sendo a exposição ao fumo e bebidas alcóolicas maiores nos homens do que nas mulheres (Zhu *et al.*, 2021).

No Brasil, os cânceres com maior mortalidade no sexo masculino foram o de pulmão, de próstata, de cólon e reto e de estômago (Ferreira *et al.*, 2023). Já para o sexo feminino, o câncer de mama apresenta a maior mortalidade, seguido pelos cânceres de pulmão, colón e reto, colo uterino e estômago (Guerra *et al.*, 2017).

Além disso, o aumento da idade é um fator de risco comum para o câncer. Em razão da deterioração progressiva das funções fisiológicas, o envelhecimento se configura como um risco aumentado de inúmeras doenças (Chatsirisupachai *et al.*, 2022). Ademais, há um aumento e acúmulo de exposições a potenciais carcinógenos ao longo da vida (Dubin *et al.*, 2020). Estudos evidenciam que a população idosa sofre mais com a incidência de câncer renal (Capitanio *et al.*, 2019), câncer de mama (Sun *et al.*, 2017), câncer de próstata (Iser *et al.*, 2022), câncer de pulmão (de Groot *et al.*, 2012) e leucemia (Bispo *et al.*, 2020).

Entretanto, algumas neoplasias malignas acometem a faixa etária mais jovem da população. Exemplo disso é o osteosarcoma, em que há uma maior prevalência em crianças de 10 a 14 anos, com um segundo pico ocorrendo em adultos com mais de 65 anos. Isso se deve ao fato de o desenvolvimento do câncer possuir uma relação intrínseca com o crescimento ósseo e os fatores de crescimento liberados durante a infância e adolescência (Sadykova *et al.*, 2020).

Essa tendência oposta nos diferentes tipos de câncer se deve às mutações somáticas nos genes, que não se distribuem de maneira uniforme ao longo da idade. Contudo, é notável que vários processos relacionados com o envelhecimento podem contribuir para criar um terreno fértil para o cancro. Dentre elas, destacam-se as alterações somáticas no número de cópias, o declínio da função do sistema imunológico (imunosenescência), a inflamação crônica e a senescência celular (Chatsirisupachai *et al.*, 2022).

No que diz respeito à raça e etnia, a população afrodescendente enfrenta desigualdades sociais que se traduzem em uma menor renda, maior grau de analfabetismo e dependência do sistema público de saúde (Silva *et al.*, 2024). Um estudo realizado em São Paulo demonstrou que no período de 2000 a 2017 a taxa de mortalidade por câncer de maneira geral era maior nas mulheres negras do que em mulheres brancas (Marcelino *et al.*, 2021). Além das desigualdades no acesso a diferentes modalidades terapêuticas, minorias raciais enfrentam uma maior probabilidade de receber tratamentos que não seguem protocolos padronizados. Isso inclui a indicação desproporcional de procedimentos como cirurgias, biópsias e reconstrução de linfonodos sentinelas, bem como dificuldades no acesso ao tratamento adjuvante. Essas diferenças no manejo clínico podem comprometer a qualidade do tratamento, retardar o diagnóstico e, conseqüentemente, afetar negativamente o prognóstico desses pacientes. (Reeder-Hayes *et al.*, 2017).

Outro componente a se avaliar na fatalidade do câncer é o estado civil. A revisão sistemática realizada por Buja e colegas (2018) concluiu que indivíduos solteiros, viúvos e separados estão mais sujeitos a falecer por doenças malignas. Essa relação pode estar associada com o cuidado ofertado por membros da família, melhores circunstâncias financeiras entre os

casados, além da tendência de evitar comportamentos arriscados e hábitos de vida pouco saudáveis, em razão da responsabilidade familiar (Kravdal, 2001).

O câncer se constitui como uma doença que também apresenta diferenciais nas suas incidências nas diversas classes sociais. Os grupos vulneráveis podem ter taxas de câncer que diferem daquelas da população em geral (Vaccarella *et al.*, 2019). Estudos realizados por Ferreira e colaboradores (2022) indicam que mulheres de maior vulnerabilidade social apresentam maior mortalidade por câncer de colo do útero e de estômago, além de menores taxas de sobrevivência para todos os tipos de câncer, sendo resultado das barreiras no acesso ao diagnóstico precoce e tratamento oportuno.

Ademais, é importante pontuar que o nível de escolaridade é frequentemente utilizado como um indicador do nível socioeconômico, podendo ser considerado um determinante social da saúde. Pesquisas realizadas nos Estados Unidos apontam que o risco de câncer nos indivíduos com menos escolaridade em comparação com os mais instruídos permaneceu significativo para o cancro do cólon, reto e pulmão entre os homens e cancro do pulmão e da mama entre as mulheres (Hodge *et al.*, 2023). Além disso, um estudo feito em São Paulo demonstrou que o acesso à atenção oncológica foi maior entre os indivíduos com maior escolaridade (Santos E *et al.*, 2023).

A incidência de neoplasias apresenta nuances complexas, influenciadas por diversos fatores, inclusive econômicos. Embora países de alta renda demonstrem maior prevalência, a letalidade em países de baixa e média renda, como o Brasil, é significativamente mais elevada. Essa disparidade é agravada pelo subfinanciamento da atenção oncológica, evidenciado pelo investimento inferior a 2 dólares per capita em 2020, conforme dados da OMS (Barroso-Sousa *et al.*, 2023). Assim, a insuficiência de recursos impacta diretamente na promoção, na prevenção e na detecção precoce do câncer no Brasil, comprometendo a qualidade e a acessibilidade aos serviços de saúde, perpetuando as desigualdades sociais.

O câncer possui uma etiologia multifatorial, podendo ter origem na combinação de fatores genéticos, ambientais e de modo de vida. Cerca de um terço das mortes por cancro no mundo podem ser atribuídas a fatores de risco modificáveis, como o sobrepeso, o alcoolismo, o tabagismo e a alimentação inadequada (Batista *et al.*, 2020).

O sobrepeso e a obesidade são geralmente definidos como índice de massa corporal entre 25-29,9 e acima de 30 kg/m², respectivamente. Essa condição se constitui como um fator de risco para diversas doenças crônicas, incluindo o câncer. Em todo o mundo, a carga de cancro atribuível à obesidade é de 11,9% nos homens e 13,1% nas mulheres (Avgerinos *et al.*, 2019). Além disso, os relatórios da IARC e do Fundo Mundial de Pesquisa do Câncer demonstraram

que, entre os cânceres comuns em pessoas obesas, estão o de mama pós-menopausa, próstata e renal (De Pergola *et al.*, 2013). Ademais, outros estudos também apontam que o sobrepeso é um fator de risco para câncer em outros órgãos, como o rim (Capitanio *et al.*, 2019) e os ossos (Cole *et al.*, 2022).

O alcoolismo se constitui como um fenômeno em permanente expansão, estando relacionado a uma maior incidência de diversas doenças e agravos (Sofia *et al.*, 1997; Jernigan *et al.*, 2000; Peres *et al.*, 2023). Embora a substância sozinha não possa ser considerada um agente causador de câncer, diversos estudos em animais demonstram que há um risco de desenvolver a doença em razão de seu consumo excessivo (de Menezes *et al.*, 2013). De acordo com Rehm e autores (2020), o álcool possui numerosos componentes cancerígenos, mas o desenvolvimento de câncer está intrinsecamente relacionado com o etanol. Segundo estudos desenvolvidos pela IARC, dentre os cânceres associados com o consumo excessivo dessa substância estão o de mama feminino e o de próstata (Ferreira *et al.*, 2023).

Com relação ao tabagismo, os riscos para a saúde podem acontecer tanto do consumo direto quanto da exposição passiva à fumaça (José *et al.*, 2017). De acordo com estudos desenvolvidos desde a década de 50, substâncias cancerígenas contidas na fumaça do tabaco catalisam a formação de adutos de DNA, resultando no acúmulo de mutações somáticas (Sun *et al.*, 2017). Um estudo de coorte realizado na Coreia do Sul demonstrou que a redução do tabagismo estava associada a uma diminuição de qualquer neoplasia subsequente (Yoo *et al.*, 2022).

A má alimentação também se demonstrou um importante fator modificável para o câncer. No estudo de coorte realizado por Fiolet entre outros autores (2018) foi apontado que um aumento de 10% na proporção de ultraprocessados na dieta foi associado a aumentos significativos de 12% no risco de cancro global. Isso se deve ao fato de o consumo desses alimentos contribuir para aumentar o risco de distúrbios cardiometabólicos, como obesidade, hipertensão e dislipidemia (Fiolet *et al.*, 2018).

Considerando o cenário de pandemia vivenciado no período de 2020 a 2022, é importante salientar que estudos realizados em diferentes populações identificaram que as medidas de segurança como o *lockdown* e a quarentena domiciliar, adotadas para o enfrentamento do coronavírus, promoveram diversas mudanças e interferiram nos hábitos e estilo de vida, incluindo o aumento do consumo de álcool e da frequência do tabagismo, redução da atividade física e mudanças nos padrões alimentares e na compra de alimentos (Souza *et al.*, 2022). Dessa forma, estudos subsequentes devem ser realizados para verificar o comportamento da incidência e mortalidade pelo câncer em função dessas alterações.

Outras causas importantes na carcinogênese são os fatores ambientais, o que inclui o local de trabalho. As exposições ocupacionais a substâncias ou misturas químicas com potencial carcinogênico conhecido têm despertado grande preocupação na comunidade científica, impulsionando pesquisas focadas na avaliação dos riscos à saúde pública e ambiental. Dentre os diversos fatores de risco ambientais para o câncer, os de origem ocupacional são frequentemente apontados como aqueles com maior potencial de controle e intervenção (Chagas *et al.*, 2013).

Dentre os fatores associados ao câncer, destacam-se os agentes físicos (radiação ionizante e não ionizante, a exposição ao radônio e ao urânio, por exemplo); químicos (amianto, benzeno, dioxinas, resíduos de agrotóxico nos alimentos e na água, arsênio e outros poluentes encontrados nas emissões industriais); e os agentes biológicos (Papiloma Vírus humano, vírus da hepatite B, vírus da hepatite C) (Mello *et al.*, 2021).

No que diz respeito à radiação ionizante, uma das principais preocupações atualmente é o seu potencial mutagênico. Em contato com uma célula, a radiação ioniza os átomos de seus componentes (como por exemplo o DNA), modificando quimicamente sua estrutura. Nos dias hodiernos, é consenso entre especialistas que não há dose de radiação pequena o suficiente que não tenha efeitos colaterais no organismo humano. Dessa maneira, quanto maior a exposição, maiores são os riscos dos efeitos biológicos (Câmara dos Deputados, 2006).

O Brasil não é alheio aos acidentes envolvendo materiais radioativos. O caso mais notório ocorreu em 1987 na cidade de Goiânia, quando ocorreu o rompimento de um aparelho radioterápico abandonado em uma clínica médica desativada. Posteriormente, a situação foi agravada pelo manuseio inadequado da cápsula contendo o isótopo radioativo por pessoas sem conhecimento técnico no assunto. Essa tragédia, ocorrida no estado de Goiás, acarretou sérias consequências para a saúde que persistem até os dias atuais (Fuini *et al.*, 2013).

2.3 O URÂNIO E SEUS EFEITOS NA SAÚDE

O urânio (U) é um elemento metálico radioativo que ocorre naturalmente em baixas concentrações no solo, rochas, além de também ser encontrado em águas superficiais e subterrâneas de forma onipresente na crosta terrestre (Souidi *et al.*, 2008). O U natural possui três isótopos -²³⁸U, ²³⁵U e ²³⁴U-, que decaem até que se tornem isótopos de chumbo estáveis (Bleise *et al.*, 2003). O rádio-226 e o radônio-222 são progênies radioativas na cadeia de decaimento do urânio (Auvinen *et al.*, 2002, Aicardi-Carrilo *et al.*, 2015). Esse elemento tem sido utilizado em diversas áreas, incluindo a geração de energia nuclear, medicina, indústria e armamentos militares (Gupta *et al.*, 2020).

Após o processo de mineração, o minério de urânio é triturado em um moinho até a formação de uma pasta fina, que é lixiviada para permitir a separação do urânio dos resíduos de rocha. Então, é recuperado da solução e precipitado como concentrado de óxido de urânio chamado de *yellowcake* (Jesus Alves *et al.*, 2023). As atividades relacionadas à mineração alteraram a distribuição natural do urânio, o que pode causar contaminação do meio ambiente, levando a sua ingestão através da cadeia alimentar e da água (Ma M *et al.*, 2020; Jesus Alves *et al.*, 2023).

A exposição ao urânio induz danos à saúde por meio de dois mecanismos principais: toxicidade química e radioatividade (Guéguen *et al.*, 2017). A toxicidade química do urânio é comparável à de outros metais pesados, como o cromo e o níquel, causando danos a diversos órgãos e sistemas. Paralelamente, a radiação emitida pelos isótopos do urânio pode induzir mutações genéticas e danos ao DNA, aumentando o risco de carcinogênese (Brugge *et al.*, 2011).

Após a ingestão, a maior parte do urânio ingerido é excretado nas fezes, sendo uma fração, estimada em 1-1,5%, absorvida a nível do trato gastrointestinal. O intestino delgado é o principal local de assimilação e transferência para a corrente sanguínea. No plasma, o urânio está conectado às moléculas de baixo peso molecular, como o citrato ou íons de carbonato, ou ligada às proteínas plasmáticas como transferrina ou albumina (Souidi *et al.*, 2008). Dessa forma, o U é distribuído para todos os tecidos humanos, mas deposita-se preferencialmente nos ossos e nos rins, independentemente da via de exposição (Bjørklund *et al.*, 2017; Camargo *et al.*, 1998; Prado *et al.*, 2007).

No que diz respeito aos rins, estudos feitos tanto com humanos quanto com animais demonstraram que os compostos uraníferos solúveis são filtrados rapidamente através dos glomérulos renais. Por serem tóxicos para os túbulos proximais renais, criam lesões, resultando no aparecimento de glicose, proteínas de baixo peso molecular e aminoácidos na urina. Essas substâncias, em condições normais, são reabsorvidas do fluido tubular. Contudo, os danos às células causam um processo inflamatório que impossibilita o pleno funcionamento desse órgão (Petejova, 2016), interferindo em outras funções além da filtrante, como a produção de eritropoetina e de formas bioativas da vitamina D (Souidi *et al.*, 2008).

Um estudo demonstrou que a glicose urinária foi significativamente diferente e correlacionou-se positivamente com a ingestão de urânio para homens e mulheres. Além disso, foi demonstrado aumentos na fosfatase alcalina, um marcador de toxicidade celular, e na alfa-2-microglobulina, um indicador da função renal. Em contraste, os indicadores de lesão glomerular, creatinina e proteína, não foram significativamente diferentes. Os resultados

sugerem que nas ingestões observadas neste estudo (0,004–9µg/kg de peso corporal), a ingestão crônica de urânio na água potável afeta a função renal (Brugge *et al.*, 2011).

O urânio é um buscador de ossos e substitui prontamente os íons Ca^{2+} na superfície óssea e se deposita no esqueleto. Após a exposição, o urânio deposita-se preferencialmente nas zonas calcificadas e acumula-se rapidamente na área endosteal e periosteal das metáfises femorais, bem como na cartilagem calcificada e no tecido ósseo recém-formado ao longo do osso trabecular. A meia-vida do urânio nos ossos pode variar entre 70 e 200 dias, e sua retenção pode durar anos (Ma M *et al.*, 2020). Dessa forma, os compostos uraníferos são capazes de inibir a formação do osso e aumentar a reabsorção óssea, contribuindo para doenças como osteoporose e osteossarcoma (Souidi *et al.*, 2008).

Devido ao armazenamento a longo prazo do urânio no tecido ósseo, as células hematopoiéticas da medula óssea próximas podem ser expostas aos efeitos tóxicos do urânio. Além disso, a eritropoietina, que regula a síntese de glóbulos vermelhos, é produzida no rim, considerado o principal órgão alvo da toxicidade química do urânio. Assim, o sistema hematopoiético pode ser afetado diretamente por efeitos radiológicos ou químicos na medula óssea ou indiretamente por efeitos devidos à alteração da função renal (Guéguen *et al.*, 2017).

A contaminação por urânio também afeta o sistema respiratório. A inalação de radônio e a ingestão de compostos de urânio expõem as células pulmonares, principalmente as epiteliais e os macrófagos, à ação tóxica do metal. O urânio induz o estresse oxidativo nas células epiteliais, comprometendo sua capacidade de proliferação e defesa antioxidante. Os macrófagos, por sua vez, ao fagocitarem as partículas de urânio, contribuem para a formação de focos de inflamação crônica no pulmão, podendo levar à fibrose e necrose tecidual, com perda da função respiratória e aumento do risco de desenvolver câncer (Souidi *et al.*, 2008).

Além dos tecidos já mencionados, a exposição ao urânio pode ter impactos significativos na tireoide. O efeito da exposição na glândula tem sido associado a um risco aumentado de câncer, bem como nódulos benignos. Ademais, indivíduos expostos a componentes uraníferos tiveram um aumento significativo nos níveis de anticorpos de tireoglobulina, sugerindo um impacto na saúde tireoidiana (van Gerwen *et al.*, 2020). Já em larvas de zebrafish, modelo consagrado para estudo de doenças humanas, a toxicidade do U levou a alterações nos níveis de hormônios tireoidianos – triiodotironina (T3) diminuído e tiroxina (T4) aumentado-, sugerindo uma disfunção do eixo hipotálamo-hipófise-tireoide (Xu *et al.*, 2008). Já no metabolismo de ratos, notou-se que houve uma redução no número de locais de transporte de iodeto na tireoide, levando a um aumento da massa do órgão (Malenchenko *et al.*, 1976).

Outro ponto importante a ressaltar é a relação entre o urânio e os tumores malignos dos órgãos do sistema reprodutor. Durante as Guerras do Golfo de 1991 e 2003, cerca de 1.200 toneladas de munição foram lançadas em torno do Iraque. Depois desse período, pesquisas demonstraram que a concentração de urânio nas mulheres com câncer de mama era muito superior à das mulheres sem a patologia (Ahmed *et al.*, 2021). Um estudo semelhante foi realizado na região de Saravejo, no período pós-guerra, em que se observou um aumento no câncer de próstata (Nermina, 2005).

Um estudo realizado na Carolina do Sul (EUA) por Wagner e colaboradores (2011) demonstrou uma relação intrínseca entre a concentração de urânio elevado em águas subterrâneas e o aumento da incidência de câncer. Isso ocorre porque a incidência de câncer aumentou à medida que o uso das águas subterrâneas também se intensificou.

Porém, apesar de diversos estudos apontarem para a existência dessa relação, a meta-análise realizada por Stammer *et al* (2016) refuta a hipótese de que uma exposição cronicamente elevada ao urânio está associada a um risco aumentado de incidência ou mortalidade por cancro. Além disso, foi relatado que exposições abaixo do limite de toxicidade aguda do urânio não estão relacionadas com sinais de insuficiência renal aguda ou crônica. Corroborando com esse dado, uma revisão realizada por Canu *et al* (2008) concluiu que o risco de mortalidade por cancro em trabalhadores com potencial exposição ocupacional ao urânio não cresceu de forma significativa.

Ainda, é importante destacar que a regulamentação da exposição ao urânio continua a ser uma fonte de discórdia. Por exemplo, a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) fixou o nível de urânio permitido na água potável em 30µg/L, baseado parcialmente na sua viabilidade econômica. Em contraste, a OMS estabeleceu um limite de água de 2µg/L com base no nível mais baixo de efeitos adversos observados (Brugge *et al.*, 2011). No Brasil, segundo resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396/2008, o limite máximo de urânio na água potável é de 0,5mg/UI (Brasil, 2008).

Ao longo dos anos diversos acidentes ambientais envolvendo o urânio, ocorreram em diferentes países, expondo a população a esse material radioativo. Em 1979, nos Estados Unidos, o colapso de uma barragem de rejeitos de urânio da *United Nuclear Corporation* resultou na liberação de grandes quantidades de resíduos com potencial de radiação e líquidos ácidos no Pipeline Arroyo, atingindo o Rio Puerco e a Nação Navajo (Graf, 1990). Outro foco de contaminação ambiental ocorreu na cidade de Mailuu-Suu, Quirguistão, que abriga uma antiga área de mineração de urânio da União Soviética. Essa região é particularmente propícia a deslizamentos, e ao longo dos anos vêm sofrendo com numerosos derramamentos de resíduos

nucleares (Havenith *et al.*, 2006).

2.4 EXTRAÇÃO DE URÂNIO NO MUNICÍPIO DE CAETITÉ

A demanda global por urânio tem aumentado de forma constante nos últimos anos. Atualmente, os principais impulsionadores são o Cazaquistão – maior detentor de urânio no mundo -, Namíbia, Níger, Uzbequistão, República Checa, Brasil, Rússia, Índia, China, África do Sul, Ucrânia, Paquistão e Malawi (Sarkar, 2019).

O Brasil se constitui como a nona maior reserva do mundo, com cerca de 277 milhões de toneladas de minério (Jesus Alves *et al.*, 2023). Todavia, conforme dados do Serviço Geológico do Brasil (2023), há o potencial do país estar entre as cinco maiores reservas mundiais, com a identificação das ocorrências do urânio no território brasileiro, como os depósitos de Serra das Gaivotas, em Minas Gerais; Rio Cristalino, no Pará; e Figueiras, no Paraná.

No final do século XIX, foram realizados os primeiros estudos geológicos sobre o urânio no Brasil, com a criação da NUCLEBRÁS em 1974. A partir do ano de 1988, a empresa foi transformada em Indústrias Nucleares Brasileiras (INB), permanecendo até os dias atuais na função do ciclo do combustível nuclear no país (Lima, *et al.*, 2021).

A região Sudoeste do estado da Bahia, no Brasil, abriga uma das maiores reservas de urânio do país (100 mil toneladas de urânio), incluindo as cidades de Caetité, Lagoa Real e Igaporã (Prado *et al.*, 2007). A mina foi descoberta na década de 70, por meio de um levantamento aerogamamétrico na porção central do Crato de São Francisco (Silva L *et al.*, 2011). De acordo com os dados da INB, a Unidade de Concentração de Urânio (URA), situada em Caetité, produziu 3.750 toneladas de *yellowcake* entre os anos de 2000 e 2015, sendo a única mineração de urânio em atividade na América Latina (Rocha *et al.*, 2021; Oliveira Chaves, 2013).

A cidade de Caetité está localizada no sudoeste da Bahia, distante 645 quilômetros de Salvador (Prefeitura Municipal de Caetité, 2024). O Distrito Uranífero de Lagoa Real localiza-se a cerca de 20km a nordeste do município. O clima semiárido da região possui uma estação seca prolongada, acarretando um balanço pluviométrico negativo (Silva, 2015). Nessa área, em razão da irregularidade das distribuições de chuvas e o déficit hídrico, predomina a vegetação conhecida como caatinga ou savana estepe (Jesus Alves *et al.*, 2023).

A região da Província Uranífera de Lagoa Real compreende uma vasta extensão de cerca de 1200 km. Essa área abarca principalmente a bacia hidrográfica do Rio de Contas e engloba diversas sub-bacias utilizadas para diversos fins, incluindo abastecimento de água para

consumo humano, práticas agrícolas e consumo animal (Jesus Alves *et al.*, 2023).

No que tange à economia, as atividades predominantes compreendem a agricultura e a pecuária familiares. Dentre os principais produtos agrícolas incluem milho, feijão, algodão, mandioca, cana-de-açúcar, além de leite, ovos e mel (Carvalho *et al.*, 2005). Assim, é notório que a população rural é afetada durante as temporadas de seca, por ter sua economia baseada em atividades vulneráveis aos períodos de estiagem. Dessa maneira, os poços artesianos são fundamentais para a subsistência das pessoas que moram no semiárido. Porém, a perfuração indiscriminada, sem o conhecimento prévio sobre o aquífero, pode ampliar os riscos de contaminação por urânio (Silva, 2015).

Em relação ao tema de mineração de urânio, é importante ressaltar a posição estratégica dessa atividade na economia do país. As reservas brasileiras desse metal pesado permitem, além do suprimento das necessidades locais, a venda do excedente ao mercado externo. Ademais, há também o interesse ambiental envolvido no tema, tendo em vista que a energia nuclear se constitui como uma energia limpa, por não emitir gases responsáveis pelo efeito estufa (Silva, 2015).

A extração do urânio do minério é realizada por meio do processo *Heap-Leach*. Nesse processo, a maior parte do conteúdo de ^{226}Ra no minério permanece no minério lixiviado que é depositado com o estéril. A falta de previsão adequada do equilíbrio hidrológico tem causado emissões imprevistas de efluentes líquidos no meio ambiente (Fernandes *et al.*, 2008) e tem suscitado uma série de questões relativas ao monitoramento da saúde dos trabalhadores e moradores de comunidades vizinhas. Desde o princípio das operações na região, a empresa recebe denúncias devido a contaminações dos rios e dos solos (Rocha, 2021).

O urânio, devido à suas propriedades hidrofílicas, encontra-se naturalmente presente em aquíferos subterrâneos, especialmente em regiões com atividade mineradora (Balbudhe *et al.*, 2012). No entanto, as atividades humanas, como a perfuração e a mineração de urânio, intensificam a contaminação desses recursos hídricos, contaminando poços artesianos e as águas utilizadas nos processos de extração e controle de poeira (Sarkar, 2019). Não obstante o processo contaminante, o uso intensivo de recursos hídricos drena os poços da população local, reduzindo a oferta hídrica da região já vulnerabilizada (Ferraz, 2017).

No ano de 2000, começaram as primeiras escavações comerciais na uranífera (Lima *et al.*, 2021). Logo no início de abril, ocorreu o vazamento de 5 mil m^3 de licor de urânio em função da ruptura das mantas. Vale ressaltar que o projeto de compactação do solo abaixo das mantas foi feito em desacordo com a licença obtida pela indústria de mineração. Todavia, o acidente só veio ao conhecimento da população e de entidades de fiscalização seis meses depois

(Câmara dos Deputados, 2006; Lisboa *et al.*, 2011).

Em abril de 2002, dois trabalhadores da INB realizaram uma denúncia ao Ministério Público estadual que teria havido um novo vazamento na chamada “área 170”, porém o fato não havia sido divulgado pela empresa, havendo possível contaminação do meio ambiente (Lisboa *et al.*, 2011). Outro fato ocorreu apenas dois anos depois, no verão de 2004, devido às fortes chuvas na região. O excesso de água fez com o que a bacia de retenção de particulados por sedimentação da cava da mina transbordasse sete vezes. Esse efluente foi liberado no leito do Riacho das Vacas, contendo líquidos com concentração de urânio-238, tório-232 e rádio-226 (Câmara dos Deputados, 2006).

No ano de 2006, teria acontecido um rompimento em uma das mantas da bacia de licor uranífero, paralisando as atividades por 60 dias. Já em 28 de outubro de 2009, a INB lançou uma nota pública afirmando um novo caso de vazamento nas dependências da uranífera, mas que, segundo o órgão, não havia contaminado o meio ambiente. No mês seguinte, em 14 de novembro, outra intercorrência levou novamente à suspensão das atividades, devido a um possível desabamento na galeria da mina subterrânea (Lisboa *et al.*, 2011).

Em abril de 2008, a organização ambiental Greenpeace publicou um relatório onde demonstrava que amostras de água utilizada para consumo humano apresentavam contaminação de urânio muito acima dos índices máximos estabelecidos pela OMS (Greenpeace, 2008).

No início de 2010 um rompimento da tubulação contaminou o solo com 900 litros de licor de urânio. Nesse contexto, o Conselho Nacional de Energia Nuclear publicou uma nota afirmando que as concentrações de radionuclídeos presentes nas águas do entorno da INB são de “origem natural”, não tendo nenhuma relação com a operação da URA em Caetité (Lisboa *et al.*, 2011).

Em 2015, tornaram-se públicas as análises da INB, indicando que a água do poço localizado na fazenda do Sr. Osvaldo Antônio de Jesus, região fora da influência da URA, era imprópria para o consumo devido à alta concentração de urânio (Saliba De Paula, 2020).

3. JUSTIFICATIVA

A mineração de urânio é uma atividade industrial importante, mas também pode ter um impacto significativo na saúde das pessoas que vivem perto das minas. A exposição à radiação, metais pesados e outros poluentes pode causar uma variedade de problemas de saúde, incluindo câncer, doenças cardíacas e respiratórias.

Conforme demonstrado, foram registradas diversas contaminações do meio ambiente na cidade de Caetité, que podem estar afetando a saúde de seus munícipes. Nesse ínterim, já foi verificado em estudo realizado por Prado *et al.* (2007) que a mediana das concentrações de urânio nos dentes dos moradores da cidade (16ppb) é mais de 30 vezes superior à média mundial (0,5ppb), sendo considerada uma concentração bastante elevada.

Um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento do câncer é a exposição a fatores ambientais, como o urânio e seus derivados. Dessa forma, torna-se imprescindível compreender a tendência da mortalidade por câncer na cidade de Caetité e seu entorno a fim de verificar se houveram alterações ao longo do tempo após o início da extração de urânio e se as taxas de mortalidade nessa região são realmente superiores daquelas apresentadas pelo restante do estado da Bahia.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GERAL

Descrever e analisar a mortalidade por câncer na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e na Bahia, no período de 1996 a 2022.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a tendência temporal da taxa de mortalidade por câncer em Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e na Bahia no período estudado;
- Comparar o comportamento das taxas de mortalidade por câncer nessas localidades com aquela apresentada pelo estado da Bahia;
- Identificar o comportamento da mortalidade por câncer de pulmão, renal, ósseo, do sistema hematopoiético, de mama, próstata e tireoide, na região estudada;
- Descrever as características sociodemográficas dos óbitos ocorridos por câncer no período e local estudados.

5. MÉTODOS

5.1 DELINEAMENTO E LOCAL DO ESTUDO

Trata-se de um estudo ecológico, em que foram analisados os óbitos por câncer na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e na Bahia no período de 1996 a 2022.

Caetité é um município brasileiro do estado da Bahia, localizado na região sudoeste do estado. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a população do município é de 52.012 habitantes, em uma área de 2.651,536 km², sendo a segunda cidade mais populosa da região geográfica imediata. A cidade está situada em uma área de transição entre a Caatinga e o Cerrado, o que lhe confere um clima tropical semiárido. Possui um dos maiores PIB *per capita* da unidade federativa, ocupando a posição 53^o dentre 417 municípios (IBGE,2023).

O município de Caetité faz parte da região de saúde de Guanambi. De acordo com a Secretaria de Saúde da Bahia (SESAB), as cidades pertencentes a essa região são as seguintes: Caculé, Caetité, Candiba, Carinhanha, Feira da Mata, Guanambi, Ibiassucê, Ibitiara, Igaporã, Iuiú, Jacaraci, Lagoa Real, Licínio de Almeida, Malhada, Matina, Mortugaba, Palmas de Monte Alto, Pindaí, Riacho de Santana, Rio do Antônio, Sebastião Laranjeiras, Tanque Novo e Urandi. Essas 22 localidades possuem um total de 477.796 habitantes, o que corresponde aproximadamente 25% da população da macrorregião sudoeste (SESAB, 2023).

A Bahia é o quarto estado mais populoso do Brasil, fazendo parte da região Nordeste. É banhada pelo Oceano Atlântico e tem a mais extensa costa de todos os estados brasileiros. A população é de 14.141.626 habitantes, com uma área de 564.732,450 km². O estado possui um dos piores Índices de Desenvolvimento Humano do país, representando 0,691 (IBGE, 2023). O agronegócio tem sido responsável por 28,4% do PIB estadual, com destaque para culturas de soja e café (SESAB,2023).

5.2 POPULAÇÃO DE ESTUDO E FONTE DOS DADOS

A população do estudo foi composta por todos os óbitos em indivíduos de 20 anos ou mais ocorridos no município de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e na Bahia, no período de 1996 a 2022. Os dados utilizados foram provenientes das Declarações de Óbito (DO) emitidas pelos serviços de saúde e registrados no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM).

O SIM é um sistema de informação desenvolvido pelo Ministério da Saúde em 1975. Foi criado a partir da unificação de mais de quarenta modelos de instrumentos utilizados para coletar dados sobre mortalidade no país. Essa base de materiais coleta informações sobre as causas de morte, as características dos óbitos e os dados sociodemográficos dos falecidos. Tais informações são utilizadas para construir indicadores e processar análises epidemiológicas que contribuem para a eficiência da gestão em saúde (Brasil, 2023).

O banco de dados do SIM foi obtido a partir do download do site do Departamento de Informática do SUS - DATASUS (<https://datasus.saude.gov.br/transferencia-de-arquivos/>) e aberto utilizando-se a ferramenta do TabWin. Esse banco foi convertido em formato .dbf, e lido no aplicativo Microsoft Excel. Foi realizado o download dos bancos de dados do SIM da Unidade da Federação Bahia para cada um dos anos incluídos neste estudo.

5.3 VARIÁVEIS EM ESTUDO

Nesta pesquisa, o desfecho em análise foi o óbito por neoplasias. Foi utilizada a 10ª Classificação Internacional de Doenças (CID-10), que foi incluída na DO em 1996. Para a análise da mortalidade por tipos específicos de neoplasias, foram considerados os seguintes CIDs: C33 (neoplasia maligna de traqueia), C34 (neoplasia maligna dos brônquios e pulmões), C64 (neoplasia maligna do rim, exceto pelve renal), C41 (neoplasia maligna dos ossos e das cartilagens articulares de outras localizações e de localizações não especificadas), C90 (Mieloma Múltiplo), C91 (Leucemia linfóide), C910 (Leucemia linfóide aguda), C911 (Leucemia linfóide crônica), C912 (Leucemia de células pilosas), C913 (Leucemia prolinfocítica), C915 (Leucemia de células T, não especificada), C916 (Leucemia de células B, não especificada), C917 (Leucemia linfóide, outras), C919: (Leucemia linfóide, não especificada), C92 (Leucemia mielóide), C93 (Leucemia Monocítica), C94 (Outras leucemias de células de tipo especificado), C95 (Leucemia de tipo celular não especificado), C50 (neoplasia maligna da mama), C61 (neoplasia maligna da próstata) e C73 (neoplasia maligna da tireoide).

Como variáveis independentes foram incluídos o sexo, a faixa etária (20 a 39 anos, 40 a 59 anos, 60 a 79 anos, 80 anos e mais), a raça/cor (branca, preta/parda), o estado civil (solteiro, casado/união estável, viúvo, separado/divorciado), a escolaridade (até 4ª série, 5ª a 8ª série, médio e superior) e local de ocorrência do óbito (estabelecimento de saúde, outros).

5.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram inicialmente trabalhados no software Microsoft Excel e posteriormente analisados no Stata 14.1.

Foram calculadas as taxas de mortalidade de Caetité, da Regional de Saúde e da Bahia por ano, utilizando-se a fórmula: número de óbitos por câncer/população total. Para o cálculo, foi considerado o quantitativo populacional do Censo de 1991 para os anos de 1996 a 1999, do Censo de 2000 para os anos no intervalo de 2000 a 2009, o Censo de 2010 para os anos de 2010 a 2021, e o Censo 2022 para o ano de 2022. Para o cálculo da mortalidade proporcional segundo o sítio afetado foi utilizada a seguinte fórmula: número de óbitos por neoplasias no sítio afetado/número de óbitos por neoplasias x 100.

Para o estudo da tendência temporal, utilizou-se a regressão linear de Prais-Winsten com variância robusta (Antunes e Cardoso, 2015). A unidade de análise considerada foi o ano, dentro do período de 1996 a 2022, constituindo-se 27 pontos de série. A taxa de mortalidade por neoplasia foi transformada para a escala logaritma com objetivo de reduzir a heterogeneidade da variância dos resíduos. Considerou-se como variável dependente ('Y') a taxa de mortalidade por neoplasia e como variável independente ('X') o ano do estudo, a partir da seguinte equação da regressão linear:

$$\text{Log}(Y_t) = \beta_0 + \beta_1 X$$

Onde: $\text{Log}(Y_t)$ corresponde ao valor

β_0 é a constante ou intercepto

β_1 é o coeficiente de tendência linear

X é o termo residual

A significância estatística foi estabelecida pelo teste t da regressão, com valores menores que 0,05 considerados significativos. As tendências foram então classificadas como crescentes (valor de p significativo e β_1 positivo), decrescentes (valor p significativo e β_1 negativo) ou estacionárias (valor de p não significativo).

Realizou-se, também, o cálculo da variação percentual média anual (VPA) para as taxas de mortalidade por neoplasia utilizando-se a seguinte fórmula (Antunes e Cardoso, 2015):

$$\text{VPA} = (-1 + 10 [\beta_1] * 100)$$

Onde: β_1 é o coeficiente de tendência linear da regressão

Para o cálculo dos intervalos de confiança das medidas de VPA, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$IC95\% = (-1 + 10 [\beta_1 \pm t * e] * 100)$$

Os valores dos coeficientes de tendência linear (β_1) e erros-padrão (e) foram gerados pelo Stata 14.1 a partir da análise de regressão. Já o t da fórmula refere-se ao teste t de Student, que correspondeu a 26 graus de liberdade ($t = 2,056$ para o período de 27 anos), com nível de confiança de 95%.

Além disso, foram calculadas as frequências relativas e absolutas das variáveis independentes segundo local de estudo.

5.5 ASPECTOS ÉTICOS

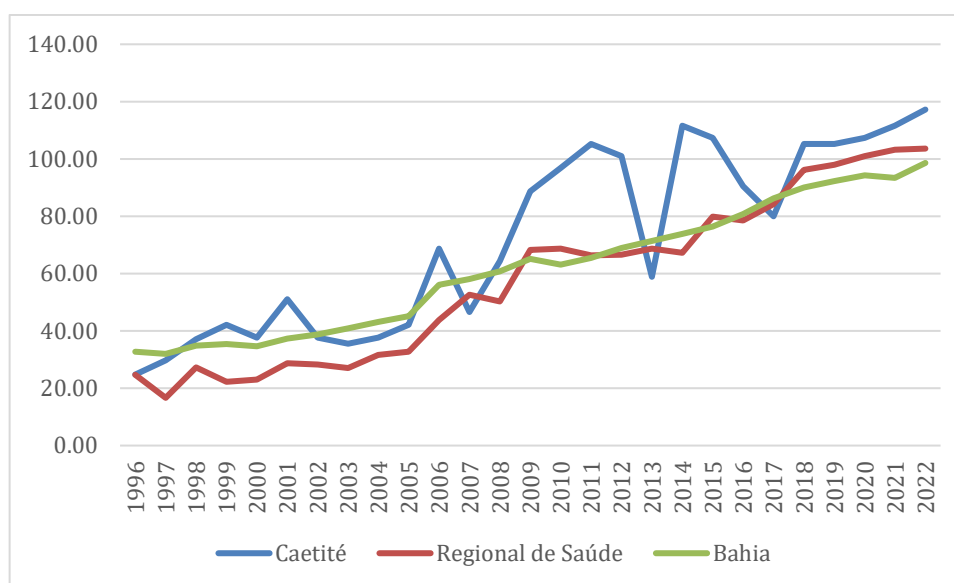
Como o banco de dados obtido a partir do site do DATASUS é de domínio público e não apresenta dados que possam identificar os indivíduos, não foi necessária a submissão deste trabalho ao Comitê de Ética em Pesquisa. Em todas as etapas da pesquisa foram respeitadas as normas e diretrizes estabelecidas na Resolução CNS nº 466/2012.

6. RESULTADOS

No período analisado, ocorreram 905 óbitos por neoplasias na cidade de Caetité, o que correspondeu a 13,3% do total de mortes. No ano de 1996, a taxa de mortalidade por câncer era de 24,76 óbitos por 100 mil habitantes, alcançando 117,22 em 2022. No que tange à Regional de Saúde de Guanambi, no ano de 1996 a taxa de mortalidade de câncer foi de 24,72 por 100 mil habitantes; chegando a 103,61 em 2022. Ao longo do período ocorreram 6.730 mortes por neoplasias (13,1% do total) (Figura 3).

Quando se analisa graficamente a tendência temporal das taxas de mortalidade, percebe-se um crescimento, sendo que as taxas da cidade de Caetité e da Regional de Saúde de Guanambi permaneceram menores do que a do estado da Bahia no início do período, padrão que se inverteu a partir de 2009, com pequenas oscilações. Destaca-se que na Bahia, ocorreram 226.730 óbitos (12,3%), com taxas de mortalidade que foram de 32,73 por 100.00 habitantes em 1996 para 98,60 em 2022 (Figura 3).

Figura 3. Tendência temporal das taxas de mortalidade por neoplasias (por 100 mil habitantes), na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e no estado da Bahia no período de 1996 a 2022.



Fonte: Sistema de Informações de Mortalidade (SIM).

A Tabela 1 apresenta a análise de tendência das taxas de mortalidade por neoplasias nos locais estudados. Apontou-se tendência crescente e estatisticamente significativa para as três localidades, sendo que o valor percentual anual (VPA) para Caetité (14,0%; IC95%: 11,4-16,8) e para a Regional de Saúde (17,0%; IC95%: 14,2-19,8), foram superiores do que a estadual (10,9%; IC95%: 9,9-12,0).

Tabela 1. Tendência das taxas de mortalidade por neoplasias na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e no estado da Bahia, 1996 a 2022.

	VPA ^A (IC95% ^B)	Valor de p ^c	R ^{2D}	Tendência
<i>Caetité</i>	14,0 (11,4;16,8)	<0,001	0,660	Crescente
<i>Regional de Saúde</i>	17,0 (14,2;19,8)	<0,001	0,881	Crescente
<i>Bahia</i>	10,9 (9,9;12,0)	<0,001	0,973	Crescente

A) VPA: variação percentual anual (%)

B) IC95%: intervalo de confiança de 95%

C) Significância estatística estabelecida pelo teste *t* da regressão de Prais-Winsten

D) R²: coeficiente de determinação

A mortalidade proporcional segundo o local afetado pela neoplasia é apresentada na Tabela 2. O câncer de próstata se destaca como a principal neoplasia responsável pelos óbitos, correspondendo a 10,2% dos óbitos por neoplasias nos três locais. O câncer de pulmão e o hematopoiético são o segundo e o terceiro com maior proporção em relação aos óbitos por neoplasias em Caetité, na Regional de Saúde e na Bahia. Na cidade de Caetité destaca-se que as neoplasias que afetam o sistema renal, ósseo e a tireoide crescem em proporção quando comparado com a Regional de Saúde e com o estado.

Tabela 2. Mortalidade proporcional dos óbitos por neoplasias segundo o sítio afetado na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e no estado da Bahia, 1996 a 2022.

Sítio afetado	Caetité		Regional de Saúde		Bahia	
	n	%	N	%	N	%
Próstata	92	10,2	687	10,2	23.150	10,2
Pulmão	67	7,4	599	8,9	21.407	9,4
Hematopoiético	66	7,3	453	6,7	14.756	6,5
Renal	13	1,4	67	1,0	2.100	0,9
Ósseo	12	1,3	62	0,9	1.768	0,8
Tireoide	5	0,6	25	0,4	867	0,4
Mama	3	0,3	17	0,3	990	0,4
Outros	647	71,5	4.820	71,6	161.692	71,4
Total	905	100	6.730	100	226.730	100

Ao analisarem-se as características sociodemográficas dos óbitos por neoplasias de todo o período estudado, encontrou-se que estes ocorreram com maior frequência no sexo masculino nas três localidades (59, 58,9 e 52,8% em Caetité, na Regional de Saúde e na Bahia, respectivamente), na faixa etária de 60 a 79 anos (44,4, 44,4 e 46,6%), na raça/cor preta e parda (52,9, 59,5 e 74,9%) e em indivíduos casados ou em união estável (61,9, 60,2 e 46,2%). Com relação à escolaridade, os óbitos foram mais frequentes em indivíduos que tinham até a 4ª série em Caetité (39,4%) e na Regional de Saúde (40%), enquanto para o estado a frequência foi maior naqueles que tinham entre a 5ª e a 8ª série (29,1%). O local de ocorrência principal para as três localidades foram os estabelecimentos de saúde, com frequências menores em Caetité (58,9%) e na Regional de Saúde (65,7%) em comparação à Bahia (75,6%) (Tabela 3).

Tabela 3. Características sociodemográficas dos óbitos por neoplasias na cidade de Caetité, na Regional de Saúde de Guanambi e no estado da Bahia, 1996 a 2022.

	Caetité		Regional de Saúde		Bahia	
	N	%	N	%	n	%
Sexo						
Masculino	533	59,0	3.962	58,9	119.789	52,8
Feminino	371	41,0	2.764	41,1	106.913	47,2
Faixa etária						
20-39 anos	41	4,5	312	4,6	13.890	6,1
40-59 anos	192	21,2	1.662	24,7	62.885	27,1
60 -79 anos	402	44,4	2.986	44,4	105.566	46,6
80 anos ou mais	270	29,8	1.769	26,3	44.318	19,6
Raça/cor						
Branca	380	47,1	2.429	40,5	48.709	25,1
Preta e Parda	427	52,9	3.570	59,5	145.051	74,9
Estado civil						
Solteiro	133	16,5	1.161	18,5	65.258	32,3
Casado / União estável	498	61,9	3.767	60,2	93.213	46,2
Separado/ Divorciado/ Viúvo	173	21,5	1.334	21,3	43.404	21,5
Escolaridade						
Até 4ª série	198	39,4	1.959	40,0	44.213	28,1
5ª a 8ª série	183	36,4	1.812	37,0	47.002	29,1
Médio	66	13,1	598	12,2	28.859	18,4
Superior	56	11,1	526	10,8	37.136	23,6
Local de ocorrência						
Estabelecimento de saúde	630	58,9	4.391	65,7	170.802	75,6
Outros	263	41,1	2.290	34,3	55.073	24,4

7. DISCUSSÃO

A análise de tendência temporal revelou um aumento substancial nas taxas de mortalidade por câncer nos três recortes analisados, corroborando outros estudos que apontam o câncer como uma das principais causas de óbitos em ascensão (Ferreira L *et al.*, 2020; Sung *et al.*, 2021). Segundo Barroso-Sousa *et al.* (2023), esse aumento pode ser explicado pelas mudanças sociodemográficas e pela transição epidemiológica, sobretudo em países como o Brasil, com declínio das taxas de fecundidade, aumento da expectativa de vida e adoção de comportamentos ocidentalizados, como hábitos nutricionais menos saudáveis, sedentarismo e tabagismo.

A partir das análises deste estudo, pode-se verificar que a cidade de Caetité e a Regional de Saúde apresentam crescimento nas taxas de mortalidade superiores às do estado. Uma das possíveis explicações para essas diferenças pode estar diretamente relacionada à exposição crônica da população ao urânio. A presença de atividades de mineração e beneficiamento desse elemento químico na região expõe a população a um agente carcinogênico conhecido (Serrano *et al.*, 2023). Nesse contexto, é crucial considerar os incidentes ocorridos na Unidade de Concentração de Urânio, caracterizados por contaminações do ecossistema adjacente desde o início das operações minerárias (Câmara dos Deputados, 2006; Lisboa *et al.*, 2011; Greenpeace, 2008; Saliba De Paula, 2020). Assim, a atividade mineradora de urânio representa uma grave ameaça à saúde humana, uma vez que, apesar da ocorrência natural do elemento na crosta terrestre, a intensa atividade antrópica intensifica significativamente a liberação de compostos radioativos no meio ambiente (Grison *et al.*, 2022).

Diversos estudos têm demonstrado uma associação entre a exposição ao urânio e o aumento do risco de problemas de saúde, incluindo neoplasias. Kelly-Reif e outros (2019) realizaram um estudo com mineradores de urânio da República Tcheca, observando taxas de mortalidade por câncer mais altas do que esperado. Outro estudo de câncer ocupacional realizado com trabalhadores do processamento de U também observou aumento das taxas de óbitos por neoplasias, especialmente quando a exposição aos compostos radioativos ocorreu em idades mais avançadas (Ritz, 1999)

A próstata foi o sítio mais afetado nos três recortes estudados. Iser *et al* (2022) realizaram um estudo sobre câncer de próstata no Brasil e demonstraram que a Bahia apresentou o maior aumento da mortalidade entre os anos de 1990 e 2019. Tal dado ascendente na evolução temporal pode traduzir uma disparidade em relação ao acesso à atenção oncológica, devido ao estado de maior vulnerabilidade socioeconômica e sanitária da região Nordeste (Albuquerque

et al., 2017). Outrossim, o envelhecimento populacional é um importante fator no desenvolvimento de neoplasias prostáticas (Tourinho-Barbosa *et al.*, 2016). Assim, nota-se que o aumento da expectativa de vida no estado pode não ter sido acompanhado por uma melhora nos hábitos saudáveis, acesso à serviços de saúde ou educação preventiva (Iser *et al.*, 2022).

Paralelo a isso, é importante ressaltar que o urânio se constitui como um metal pesado, que pode causar problemas prostáticos ao perturbar a homeostase da glândula (Aalami *et al.*, 2022). Corroborando isso, Serrano entre outros autores (2023), apontaram que há um comportamento anômalo da mortalidade do câncer de próstata no município de Livramento de Nossa Senhora, pertencente à Regional de Saúde de Guanambi.

O câncer de pulmão apresentou uma maior porcentagem no estado da Bahia em comparação com a Regional e Caetité. Essa diferença diverge de estudos feitos em outras regiões uraníferas, que apontam um incremento da mortalidade de neoplasias pulmonares (Richardson *et al.*, 2021; Kelly-Reif *et al.*, 2019). A literatura aponta que o radônio, subproduto da mineração de urânio, ao ser liberado se deposita no tecido pulmonar causando mutações celulares, que podem levar ao câncer (Brugge *et al.*, 2011; Aicardi-Carrilo *et al.*, 2015; Dubin *et al.*, 2020; de Groot *et al.*, 2012; Guéguen *et al.* 2017).

Contudo, assim como esse estudo, outras pesquisas não demonstraram uma correlação direta entre a exposição ao urânio e o aumento de óbitos por câncer de pulmão. Milder e colegas (2024) realizaram estudos na *Mallinckodt Chemical Works*, instalação de processamento de urânio, e observaram que embora houvesse aumento da mortalidade para outros cancros, não houve incremento para o câncer de pulmão. De maneira semelhante, Boice Jr entre outros autores (2023) pesquisaram a *Tennessee Eastman Corporation*, responsável por extrair urânio para a bomba atômica de Hiroshima, demonstrando que houve pouca evidência de que a radiação aumentou o risco de câncer pulmonar.

Dentre as neoplasias analisadas, destacam-se os cânceres hematopoiéticos em Caetité e na Regional de Saúde de Guanambi. O sistema hematopoiético pode ser afetado diretamente por efeitos acumulativos do urânio na medula óssea ou indiretamente por efeitos devidos à alteração da função renal e à diminuição da produção de eritropoetina (Guéguen *et al.*, 2017). Além disso, os cânceres que afetam o sangue estão entre as neoplasias mais radiosensíveis, em razão das células mutadas da medula óssea e do sistema imunológico (Zablotska *et al.*, 2014). Esses efeitos biológicos podem culminar em diversos problemas de saúde, incluindo a leucemia e o mieloma.

Al-Hamazawi e colegas (2014) realizaram um estudo acerca da concentração de urânio em amostras de sangue no sul do Iraque, concluindo que o valor médio da concentração de

urânio no sangue foi maior no grupo dos pacientes com leucemia do que no grupo de indivíduos saudáveis. Além disso, Collman entre outros autores (1991) exploraram a associação entre os níveis de radônio na água e a mortalidade por câncer infantil na Carolina do Norte, percebendo o aumento da mortalidade para todos os tipos de câncer, mas especialmente a leucemia. Outra pesquisa realizada na França observou o aumento do número de mortes por cânceres hematológicos em trabalhadores do ciclo do urânio, incluindo mieloma múltiplo e leucemia linfóide crônica (Guseva Canu *et al.*, 2014).

Outros cânceres que se destacaram no presente estudo foram o renal, o ósseo e o tireoidiano. Nesses, a mortalidade proporcional em relação ao total de óbitos por neoplasias em Caetité foi maior do que aquelas encontradas para o estado. A literatura aponta que o urânio quando absorvido pelo organismo se distribui em diversos tecidos do corpo humano, mas se acumula preferencialmente nos ossos e nos rins (Camargo *et al.*, 1998; Prado *et al.*, 2007; Brugge *et al.*, 2011). Nesse sentido, vale lembrar que esse metal pesado pode causar danos celulares devido as suas propriedades químicas e radiológicas (Bjørklund *et al.*, 2020). A toxicidade dos compostos uraníferos induz o estresse oxidativo, perturbando as vias de sinalização celular (Guéguen *et al.*, 2017). Além disso, as partículas emitidas pelo urânio danificam o DNA das células, resultando em mutações genéticas, aberrações cromossômicas e proliferação celular, facilitando a carcinogênese (Wagner, *et al* 2011; Al-Hamzawi *et al.*, 2014)

Um estudo realizado na *Mallinckrot Chemical Works*, instalação de processamento de urânio, entre os anos de 1942 e 2019 demonstrou um excesso de mortes por câncer renal nos trabalhadores expostos (Milder *et al.*, 2024). Alarcón-Carpel e outros autores (2021) ao realizarem uma revisão sistemática sobre saúde de mineradores de urânio também observaram um aumento da mortalidade por câncer renal

Por meio da análise das características sociodemográficas da mortalidade por câncer, conclui-se que o percentual de óbitos por neoplasias em homens é ligeiramente maior em Caetité e na Regional de Saúde de Guanambi do que quando comparado com o estado baiano. A literatura argumenta que o sexo masculino possui maior taxa de mortalidade por doenças oncológicas devido a fatores genéticos, imunológicos e comportamentais (Barroso-Sousa *et al.*, 2023). Além disso, em áreas de mineração, onde predominam trabalhadores do sexo masculino expostos cronicamente ao urânio, observa-se uma maior mortalidade por câncer entre homens (Tirmarche *et al*, 2012). Esse dado reforça a hipótese de uma associação entre exposição ocupacional e um risco de desenvolvimento de neoplasias.

No que diz respeito à faixa etária, em todas as áreas observa-se um predomínio de óbitos em idades mais avançadas, com destaque para pessoas entre 60 e 79 anos. O envelhecimento

propicia a imunosenescência, a inflamação crônica e o acúmulo de exposições a potenciais carcinógenos, favorecendo significativamente o surgimento de neoplasias (Chatsirisupachai *et al.*, 2022; Dubin *et al.*, 2020).

Em relação à raça, no município caetiteense observa-se uma distribuição mais equilibrada entre brancos e pretos ou pardos em comparação com a Bahia, onde a população afrodescendente representa uma maioria expressiva. Segundo dados do IBGE (2022), em Caetité a população branca corresponde a aproximadamente 35,30%, enquanto pretos e pardos correspondem a 64,50%. No estado, essas taxas correspondem aproximadamente a 19,61% e 79,69%, respectivamente, evidenciando uma diferença na composição racial de Caetité em relação ao conjunto da Bahia. No entanto, as taxas de mortalidade por câncer tendem a ser maiores na população negra e parda de maneira geral (Marcelino *et al.*, 2021), devido a barreiras sociais que afetam negativamente essa parcela social, como dificuldade no acesso ao diagnóstico e tratamento (de Melo Neto, *et al.*, 2024).

Enquanto a literatura aponta que a mortalidade por câncer tende a ser mais alta entre indivíduos solteiros, divorciados e viúvos (Kravdal, 2001; Buja *et al.*, 2018), em Caetité e na Regional de Saúde de Guanambi, observa-se uma proporção maior de óbitos entre pessoas casadas ou em união estável quando em comparação com os dados da Bahia. Esse dado pode refletir características sociodemográficas locais. Contudo, a ausência de dados sobre estado civil nas bases oficiais, como o IBGE, destaca a importância de análises regionais que integrem variáveis sociodemográficas relevantes para o melhor entendimento do perfil da mortalidade por câncer.

Ao analisar a escolaridade, percebe-se que indivíduos que cursaram até o ensino fundamental são os mais afetados pela mortalidade por câncer nas três regiões estudadas. A literatura indica que indivíduos com maior instrução possuem um maior acesso aos serviços de saúde, incluindo a atenção oncológica, o que possibilita o diagnóstico precoce e o tratamento adequado, fatores que contribuem para melhores desfechos clínicos (Santos E *et al.*, 2023).

Quanto ao local de ocorrência dos óbitos, em Caetité observa-se uma porcentagem elevada de óbitos fora de estabelecimentos de saúde em comparação com a Bahia. É sabido que essa tendência reflete um desafio comum em municípios interioranos, onde a oferta de serviços de prevenção, diagnóstico e tratamento para neoplasias é limitada, uma vez que a maioria dos recursos oncológicos se concentra em grandes centros urbanos (Silva G *et al.*, 2011). Essa discrepância sugere uma insuficiência na disponibilidade de serviços de saúde especializados, comprometendo a assistência e afetando o prognóstico de pacientes com câncer.

Nesse contexto, em 2020, foi inaugurada em Caetité a Unidade de Alta Complexidade Oncológica (UNACON), que conta com 80 leitos e oferece serviços clínicos, cirúrgicos além de exames e quimioterapia (SESAB, 2023). A construção do Hospital do Câncer representa uma estratégia fundamental para a regionalização do SUS, visando descentralizar o atendimento e melhorar a acessibilidade à assistência médica, levando em consideração o perfil populacional. Contudo, muito ainda precisa ser feito para garantir a equidade e o pleno direito à saúde.

A natureza retrospectiva desse estudo baseado em bancos de dados preexistentes possui limitações no que diz respeito à qualidade e confiabilidade dos dados. A subnotificação e possíveis inconsistências no registro do DATASUS podem comprometer a precisão dos resultados. Além disso, a coleta em região menores e menos desenvolvidas, como Caetité e a Regional de Saúde de Guanambi são mais suscetíveis a falhas, com um alto percentual de causas indeterminadas e ignoradas (Silva, 2015).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou a mortalidade por câncer em região uranífera no período de 1996 a 2022, com foco no comportamento dos sítios pulmonar, renal, ósseo, hematopoiético, prostático e tireoidiano. Nesse sentido, a análise realizada em Caetité e na Regional de Saúde de Guanambi revelou padrões significativos nos óbitos por neoplasias, destacando a relevância do contexto ambiental e social na compreensão da dinâmica da doença.

Os resultados desse estudo demonstraram que a mortalidade por câncer na região uranífera apresentou um crescimento significativo quando comparado com as taxas da Bahia, sendo os tecidos mais afetados o hematopoiético, renal, ósseo e tireoidiano. Isso se deve já que o U possui propriedades químicas e radiológicas que afetam as células, propiciando o aparecimento de neoplasias. Assim, a exposição crônica da população aos componentes uraníferos afeta negativamente o bem-estar no entorno da mina, sendo imperioso o debate sobre saúde pública em regiões impactadas por atividades de mineração e estudos mais aprofundados para estratégias preventivas e de monitoramento contínuo.

No que diz respeito à análise sociodemográfica, destacou-se o local de ocorrência dos óbitos. No município caetiteense, observa-se uma porcentagem elevada de óbitos fora de estabelecimentos de saúde em comparação com a Bahia. Tal discrepância é reflexo da insuficiência da disponibilidade de serviços oncológicos, que se concentram em grandes centros urbanos. Entretanto, os resultados dessa pesquisa demonstraram a necessidade de recursos especializados na região, visando ofertar diagnóstico e tratamentos precoces para neoplasias malignas. Embora a construção da UNACON represente um passo importante nesse processo, muito ainda precisa ser feito para garantir a regionalização do SUS, respeitando as particularidades locais.

Portanto, a partir dos resultados encontrados nesse estudo, torna-se essencial um olhar mais atento à saúde populacional na única mina de urânio ativa no Brasil. Cabe a futuros trabalhos a análise da incidência de câncer de Caetité, objetivando um olhar mais holístico da patologia e auxiliando na promoção de políticas públicas que respeitem as particularidades regionais.

REFERÊNCIAS

- Aalami, A. H., Hoseinzadeh, M., Hosseini Manesh, P., Jiryai Sharahi, A., & Kargar Aliabadi, E. (2022). Carcinogenic effects of heavy metals by inducing dysregulation of microRNAs: A review. *Molecular Biology Reports*, 49(12), 12227–12238. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07897-x>
- Ahmed, R. S., & Mohammed, R. S. (2021). Assessment of uranium concentration in blood of Iraqi females diagnosed with breast cancer. *Radiation and Environmental Biophysics*, 60(1), 193–201. <https://doi.org/10.1007/s00411-020-00881-8>
- Aicardi-Carrillo, G., Asmat-Inostrosa, M., & Barboza-Rangel, Y. (2015). Radón y sus efectos en la salud en trabajadores de minas de uranio. *Medicina y Seguridad Del Trabajo*, 61(238), 86–98. <https://doi.org/10.4321/s0465-546x2015000100009>
- Alarcón-Capel, E., Ruano-Ravina, A., & Barros-Dios, J. M. (2021). Exposición al radón y cáncer genitourinario en mineros. *Gaceta sanitaria*, 35(1), 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2019.06.006>
- Albuquerque, M. V. de, Viana, A. L. D., Lima, L. D. de, Ferreira, M. P., Fusaro, E. R., & Iozzi, F. L. (2017). Desigualdades regionais na saúde: mudanças observadas no Brasil de 2000 a 2016. *Ciencia & saude coletiva*, 22(4), 1055–1064. <https://doi.org/10.1590/1413-81232017224.26862016>
- Al-Hamzawi, A. A., Jaafar, M. S., & Tawfiq, N. F. (2014). Uranium concentration in blood samples of Southern Iraqi leukemia patients using CR-39 track detector. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 299(3), 1267–1272. <https://doi.org/10.1007/s10967-013-2808-0>
- Andrade, V., Sawada, N. O., & Barichello, E. (2013). *Revista da Escola de Enfermagem da U S P*, 47(2), 355–361. <https://doi.org/10.1590/s0080-62342013000200012>
- Antunes, J. L. F., & Cardoso, M. R. A. (2015). Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. *Epidemiologia e Servicos de Saude: Revista Do Sistema Unico de Saude Do Brasil*, 24(3), 565–576. <https://doi.org/10.5123/s1679-49742015000300024>
- Auvinen, A., Kurttio, P., Pekkanen, J., Pukkala, E., Ilus, T., & Salonen, L. (2002). Uranium and other natural radionuclides in drinking water and risk of leukemia: a case-cohort study in Finland. *Cancer Causes & Control: CCC*, 13(9), 825–829. <https://doi.org/10.1023/a:1020647704999>
- Avgerinos, K. I., Spyrou, N., Mantzoros, C. S., & Dalamaga, M. (2019). Obesity and cancer risk: Emerging biological mechanisms and perspectives. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 92, 121–135. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.11.001>
- Balbudhe, A. Y., Srivastava, S. K., Vishwaprasad, K., Srivastava, G. K., Tripathi, R. M., & Puranik, V. D. (2012). Assessment of age-dependent uranium intake due to drinking water in Hyderabad, India. *Radiation Protection Dosimetry*, 148(4), 502–506. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncr193>

- Banning, A., & Benfer, M. (2017). Drinking water uranium and potential health effects in the German federal state of Bavaria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 927. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080927>
- BARROSO-SOUSA, Romualdo; FERNANDES, Gustavo. *Oncologia: princípios e prática clínica*. Editora Manole, 2023. E-book. ISBN 9788520462638. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520462638/>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- Batista, G. V., Moreira, J. A., Leite, A. L., & Moreira, C. I. H. (2020). Câncer de mama: fatores de risco e métodos de prevenção. *Research, Society and Development*, 9(12), e15191211077. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11077>
- Bigoni, A., Ferreira Antunes, J. L., Weiderpass, E., & Kjærheim, K. (2019). Describing mortality trends for major cancer sites in 133 intermediate regions of Brazil and an ecological study of its causes. *BMC Cancer*, 19(1), 940. <https://doi.org/10.1186/s12885-019-6184-1>
- Bispo, J. A. B., Pinheiro, P. S., & Kobetz, E. K. (2020). Epidemiology and etiology of leukemia and lymphoma. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*.
- Bjørklund, G., Albert Christophersen, O., Chirumbolo, S., Selinus, O., & Aaseth, J. (2017). Recent aspects of uranium toxicology in medical geology. *Environmental Research*, 156, 526–533. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.04.010>
- Bjørklund, G., Semenova, Y., Pivina, L., Dadar, M., Rahman, M. M., Aaseth, J., & Chirumbolo, S. (2020). Uranium in drinking water: a public health threat. *Archives of Toxicology*, 94(5), 1551–1560. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02676-8>
- Bleise, A., Danesi, P. R., & Burkart, W. (2003). Properties, use and health effects of depleted uranium (DU): a general overview. *Journal of Environmental Radioactivity*, 64(2–3), 93–112. [https://doi.org/10.1016/s0265-931x\(02\)00041-3](https://doi.org/10.1016/s0265-931x(02)00041-3)
- Boffetta, P. (2004). Epidemiology of environmental and occupational cancer. *Oncogene*, 23(38), 6392–6403. <https://doi.org/10.1038/sj.onc.1207715>
- Boice, J. D., Jr, Cohen, S. S., Mumma, M. T., Golden, A. P., Howard, S. C., Girardi, D. J., Ellis, E. D., Bellamy, M. B., Dauer, L. T., Eckerman, K. F., & Leggett, R. W. (2023). Mortality among Tennessee Eastman Corporation (TEC) uranium processing workers, 1943–2019. *International Journal of Radiation Biology*, 99(2), 208–228. <https://doi.org/10.1080/09553002.2022.2078003>
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília*, 7 abr. 2008. Seção 1, p. 64-68.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Apresentação do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM). 2023. Disponível em: <https://svs.aids.gov.br/daent/cgiae/sim/apresentacao/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

- Bray, F., Ferlay, J., Soerjomataram, I., Siegel, R. L., Torre, L. A., & Jemal, A. (2018). Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 68(6), 394–424. <https://doi.org/10.3322/caac.21492>
- Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., & Jemal, A. (2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74(3), 229–263. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
- Brown, K. F., Rungay, H., Dunlop, C., Ryan, M., Quartly, F., Cox, A., Deas, A., Elliss-Brookes, L., Gavin, A., Hounsome, L., Huws, D., Ormiston-Smith, N., Shelton, J., White, C., & Parkin, D. M. (2018). The fraction of cancer attributable to modifiable risk factors in England, Wales, Scotland, Northern Ireland, and the United Kingdom in 2015. *British Journal of Cancer*, 118(8), 1130–1141. <https://doi.org/10.1038/s41416-018-0029-6>
- Brugge, D., & Buchner, V. (2011). Health effects of uranium: new research findings. *Reviews on Environmental Health*, 26(4), 231–249. <https://doi.org/10.1515/reveh.2011.032>
- Buja, A., Lago, L., Lago, S., Vinelli, A., Zanardo, C., & Baldo, V. (2018). Marital status and stage of cancer at diagnosis: A systematic review. *European Journal of Cancer Care*, 27(1). <https://doi.org/10.1111/ecc.12755>
- Camargo, I. M. C., & Mazzilli, B. (1998). Estimativa de risco devido à ingestão de isótopos de urânio em fontes de águas minerais. *Revista de saúde pública*, 32(4), 317–320. <https://doi.org/10.1590/s0034-89101998000400002>
- Câmara dos Deputados, Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Relatório do Grupo de Trabalho, Fiscalização e Segurança Nuclear. Brasília – DF, 2006. Disponível em: www.qualidade.eng.br/relatorio_final_nuclear.pdf. Acesso em 16 out. 2023. Câncer. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/cancer>. Acesso em: 6 nov. 2023.
- Canu, I. G., Ellis, E. D., & Tirmarche, M. (2008). Cancer risk in nuclear workers occupationally exposed to uranium-emphasis on internal exposure. *Health Physics*, 94(1), 1–17. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000281195.63082.e3>
- Capitania, U., Bensalah, K., Bex, A., Boorjian, S. A., Bray, F., Coleman, J., Gore, J. L., Sun, M., Wood, C., & Russo, P. (2019). Epidemiology of renal cell carcinoma. *European Urology*, 75(1), 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.08.036>
- Carvalho, I. G., Cidu, R., Fanfani, L., Pitsch, H., Beaucaire, C., & Zuddas, P. (2005). Environmental impact of uranium mining and ore processing in the Lagoa Real District, Bahia, Brazil. *Environmental Science & Technology*, 39(22), 8646–8652. <https://doi.org/10.1021/es0505494>
- Chagas, C. C., Guimarães, R. M., & Boccolini, P. M. M. (2013). Câncer relacionado ao trabalho: uma revisão sistemática. *Cadernos saúde coletiva*, 21(2), 209–223. <https://doi.org/10.1590/s1414-462x2013000200017>

Chatsirisupachai, K., Lager, C., & de Magalhães, J. P. (2022). Age-associated differences in the cancer molecular landscape. *Trends in Cancer*, 8(11), 962–971. <https://doi.org/10.1016/j.trecan.2022.06.007>

Cole, S. (2022). Osteosarcoma: A Surveillance, Epidemiology, and End Results program-based analysis from 1975 to 2017. *Cancer*, v. 128, n. 2107–2118.

Collman, G. W., Loomis, D. P., & Sandler, D. P. (1991). Childhood cancer mortality and radon concentration in drinking water in North Carolina. *British Journal of Cancer*, 63(4), 626–629. <https://doi.org/10.1038/bjc.1991.143>

de Groot, P., & Munden, R. F. (2012). Lung cancer epidemiology, risk factors, and prevention. *Radiologic Clinics of North America*, 50(5), 863–876. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2012.06.006>

Jesus Alves *et al.*, L., Nunes, F. C., Porto, J. A. M., de Souza Gois, R. G., dos Santos, E. C., Medrado, H. H. S., & Prasad, M. N. V. (2023). Uraniferous province of Lagoa real: Routes, dispersion, and impacts on health. Em *Medical Geology* (p. 273–290). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119867371.ch18>

de Melo Neto, J. S., Miguez, S. F., Rabelo, A. L. R., Silva, A. M. da, Sacramento, D. S., das Neves, D. B. S., Rego, I. N., Garcia, R. L. M., Galhardo, D. dos R., & Neves, A. L. M. das. (2024). Impact of age, period, cohort, region, race, and health services on bladder cancer mortality in Brazil: A 23-year ecological study. *Cancers*, 16(17), 3038. <https://doi.org/10.3390/cancers16173038>

de Menezes, R. F., Bergmann, A., & Thuler, L. C. S. (2013). Alcohol consumption and risk of cancer: a systematic literature review. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*, 14(9), 4965–4972. <https://doi.org/10.7314/apjcp.2013.14.9.4965>

De Pergola, G., & Silvestris, F. (2013). Obesity as a major risk factor for cancer. *Journal of Obesity*, 2013, 291546. <https://doi.org/10.1155/2013/291546>

Dubin, S., & Griffin, D. (2020). Lung cancer in non-smokers. *Missouri Medicine*, 117(4), 375–379.

Dutra, V. G. P., Silva, J. H. C. M. da, Jomar, R. T., Silveira, H. C. S., Muzi, C. D., & Guimarães, R. M. (2023). Burden of occupational cancer in Brazil and federative units, 1990-2019. *Revista Brasileira de Epidemiologia [Brazilian Journal of Epidemiology]*, 26, e230001. <https://doi.org/10.1590/1980-549720230001>

Eidemüller, M., Jacob, P., Lane, R. S. D., Frost, S. E., & Zablotska, L. B. (2012). Lung cancer mortality (1950-1999) among Eldorado uranium workers: a comparison of models of carcinogenesis and empirical excess risk models. *PloS One*, 7(8), e41431. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041431>

Fernandes, H., Monken, Gomiero, L., Alberto, Valeska, Franklin, M., Ramalho, & Filho, F. (2008). Critical analysis of the waste management performance of two uranium production units in Brazil-part II: Caetite production center. *Journal of environmental management*, 4, 914–925.

Ferraz, C. E. de O., Malhado, S. de C. B., Carvalho, P. A. L. de, Pereira, L. C., & Sena, E. L. da S. (2017). Partir e ficar de famílias em território marcado pela mineração de urânio: estudo merleau-pontyano. *Saúde em Debate*, 41(115), 1033–1045. <https://doi.org/10.1590/0103-1104201711504>

Ferreira da Silva, N. C., Santos da Hora, S., & Ferreira da Silva Lima, F. (2020). O Impacto do Diagnóstico nas Condições Socioeconômicas das Famílias de Crianças e Adolescentes com Tumores Sólidos. *Revista Brasileira de Cancerologia*, 66(3). <https://doi.org/10.32635/2176-9745.rbc.2020v66n3.1104>

Ferreira, L. L. G., & Andricopulo, A. D. (2020). Cancer estimates in Brazil reveal progress for the most lethal malignancies. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 20(22), 1962–1966. <https://doi.org/10.2174/156802662022200917110555>

Ferreira, M. do C., Arroyave, I., & Barros, M. B. de A. (2023). Social inequalities in male cancer in a metropolis in the Southeast region of Brazil. *Revista de Saude Publica*, 57, 38. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057004712>

Ferreira, M. do C., Sarti, F. M., & Barros, M. B. de A. (2022). Social inequalities in the incidence, mortality, and survival of neoplasms in women from a municipality in Southeastern Brazil. *Cadernos de Saude Publica*, 38(2), e00107521. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00107521>

Fiolet, T., Srour, B., Sellem, L., Kesse-Guyot, E., Allès, B., Méjean, C., Deschasaux, M., Fassier, P., Latino-Martel, P., Beslay, M., Hercberg, S., Lavalette, C., Monteiro, C. A., Julia, C., & Touvier, M. (2018). Consumption of ultra-processed foods and cancer risk: results from NutriNet-Santé prospective cohort. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 360, k322. <https://doi.org/10.1136/bmj.k322>

Fuini, S. C., Souto, R., Amaral, G. F. do, & Amaral, R. G. (2013). Qualidade de vida dos indivíduos expostos ao céσιο-137, em Goiânia, Goiás, Brasil. *Cadernos de saude publica*, 29(7), 1301–1310. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2013000700005>

Girianelli, V. R., Gamarra, C. J., & Azevedo e Silva, G. (2014). Disparities in cervical and breast cancer mortality in Brazil. *Revista de Saude Publica*, 48(3), 459–467. <https://doi.org/10.1590/s0034-8910.2014048005214>

Gomes, H. M. da S., Do Nascimento, J. C. H. B., Sousa, A. R. C., & Almeida, A. N. de M. (2021). GASTOS DO SISTEMA PÚBLICO DE SAÚDE COM TRATAMENTO EM ONCOLOGIA. *RAHIS*, 18(2), 74–89. <https://doi.org/10.21450/rahis.v18i2.6877>

Graf, W. L. (1990). Fluvial dynamics of thorium-230 in the Church Rock event, puerco river, New Mexico. *Annals of the Association of American Geographers*. Association of American Geographers, 80(3), 327–342. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1990.tb00300.x>

GREENPEACE, Ciclo do Perigo: impactos da produção de combustível nuclear no Brasil: Denúncia: contaminação da água por urânio em Caetité, BAHIA. 2008. Disponível em: . Acesso em: 16 out. 2023

- Grison, S., Habchi, B., Gloaguen, C., Kereselidze, D., Elie, C., Martin, J.-C., & Souidi, M. (2022). Early metabolomic markers of acute low-dose exposure to uranium in rats. *Metabolites*, 12(5), 421. <https://doi.org/10.3390/metabo12050421>
- Guéguen, Y., Roy, L., Hornhardt, S., Badie, C., Hall, J., Baatout, S., Pernot, E., Tomasek, L., Laurent, O., Ebrahimian, T., Ibanez, C., Grison, S., Kabacik, S., Laurier, D., & Gomolka, M. (2017). Biomarkers for uranium risk assessment for the development of the CURE (concerted uranium research in Europe) molecular epidemiological protocol. *Radiation Research*, 187(1), 107–127. <https://doi.org/10.1667/rr14505.1>
- Guerra, M. R., Bustamante-Teixeira, M. T., Corrêa, C. S. L., Abreu, D. M. X. de, Curado, M. P., Mooney, M., Naghavi, M., Teixeira, R., França, E. B., & Malta, D. C. (2017). Magnitude e variação da carga da mortalidade por câncer no Brasil e Unidades da Federação, 1990 e 2015. *Revista brasileira de epidemiologia [Brazilian journal of epidemiology]*, 20(suppl 1), 102–115. <https://doi.org/10.1590/1980-5497201700050009>
- Gupta, D. K., & Walther, C. (Orgs.). (2020). *Uranium in plants and the environment*. Springer International Publishing.
- Guseva Canu, I., Zhivin, S., Garsi, J.-P., Caër-Lorho, S., Samson, E., Collomb, P., & Laurier, D. (2014). Effets de la contamination chronique à l'uranium sur la mortalité : bilan d'une étude-pilote chez les travailleurs de l'industrie nucléaire en France. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 62, 339–350. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2014.09.006-neoplasiadeorigemlinfoide>
- Havenith, H. B., Torgoev, I., Meleshko, A., Alioshin, Y., Torgoev, A., & Danneels, G. (2006). Landslides in the mailuu-suu valley, Kyrgyzstan—hazards and impacts. *Landslides*, 3(2), 137–147. <https://doi.org/10.1007/s10346-006-0035-2>
- Hodge, J. M. (2023). Educational attainment and cancer incidence in a large nationwide prospective cohort. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*. F1–F9.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: Identificação étnico-racial da população, por sexo e idade: Resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3105/cd_2022_etnico_racial.pdf. Acesso em: 28 de outubro de 2024
- Iser, D. A., Cobalchini, G. R., Oliveira, M. M. de, Teixeira, R., Malta, D. C., Naghavi, M., & Iser, B. P. M. (2022). Prostate cancer mortality in Brazil 1990-2019: geographical distribution and trends. *Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 55(suppl 1), e0277. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0277-2021>
- Islami, F., Goding Sauer, A., Miller, K. D., Siegel, R. L., Fedewa, S. A., Jacobs, E. J., McCullough, M. L., Patel, A. V., Ma, J., Soerjomataram, I., Flanders, W. D., Brawley, O. W., Gapstur, S. M., & Jemal, A. (2018). Proportion and number of cancer cases and deaths attributable to potentially modifiable risk factors in the United States: Potentially Preventable

Cancers in US. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 68(1), 31–54.
<https://doi.org/10.3322/caac.21440>

Jardim, B. C., Junger, W. L., Daumas, R. P., & Silva, G. A. E. (2024). Estimativa de incidência de câncer no Brasil e regiões em 2018: aspectos metodológicos. *Cadernos de saúde publica*, 40(6), e00131623. <https://doi.org/10.1590/0102-311XPT131623>

Jernigan, D. H., Monteiro, M., Room, R., & Saxena, S. (2000). Towards a global alcohol policy: alcohol, public health and the role of WHO. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(4), 491–499.

José, B. P. de S., Corrêa, R. de A., Malta, D. C., Passos, V. M. de A., França, E. B., Teixeira, R. A., & Camargos, P. A. M. (2017). Mortalidade e incapacidade por doenças relacionadas à exposição ao tabaco no Brasil, 1990 a 2015. *Revista brasileira de epidemiologia [Brazilian journal of epidemiology]*, 20Suppl 01(Suppl 01), 75–89. <https://doi.org/10.1590/1980-5497201700050007>

Kelly-Reif, K., Bertke, S., Daniels, R. D., Richardson, D. B., & Schubauer-Berigan, M. K. (2022). Nonmalignant respiratory disease mortality in male Colorado Plateau uranium miners, 1960-2016. *American Journal of Industrial Medicine*, 65(10), 773–782.
<https://doi.org/10.1002/ajim.23419>

Kelly-Reif, K., Sandler, D. P., Shore, D., Schubauer-Berigan, M., Troester, M. A., Nylander-French, L., & Richardson, D. B. (2019). Mortality and cancer incidence among underground uranium miners in the Czech Republic 1977–1992. *Occupational and Environmental Medicine*, 76(8), 511–518. <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-105562>

Kravdal, O. (2001). The impact of marital status on cancer survival. *Social Science & Medicine* (1982), 52(3), 357–368. [https://doi.org/10.1016/s0277-9536\(00\)00139-8](https://doi.org/10.1016/s0277-9536(00)00139-8)

Lima, F. S., & Filho, W. S. da S. (2021). Potencial Uranífero no Brasil: uma revisão bibliográfica / Uranific potential in Brazil: a bibliographic review. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 58852–58867. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-331>

Lima, M. S., Siqueira, H. F. F., Moura, A. R., Hora, E. C., Brito, H. L. de F., Marques, A. D., Brito, É. de A. C., Cipolotti, R., & Lima, C. A. (2020). Temporal trend of cancer mortality in a Brazilian state with a medium Human Development Index (1980–2018). *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78381-4>

Lisboa, M., Vieira, J. G. C., & Zagallo, C. C. D. A. (2011). *Relatório da missão Caetité: violações de direitos humanos no ciclo do nuclear*.

López-Abente, G., Aragonés, N., & Pollán, M. (2001). Solid-tumor mortality in the vicinity of uranium cycle facilities and nuclear power plants in Spain. *Environmental Health Perspectives*, 109(7), 721–729. <https://doi.org/10.1289/ehp.109-1240377>

Ma, M., Wang, R., Xu, L., Xu, M., & Liu, S. (2020). Emerging health risks and underlying toxicological mechanisms of uranium contamination: Lessons from the past two decades. *Environment International*, 145(106107), 106107.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106107>

- Malenchenko, A. F., Seregin, V. V., & Kuz'mina, T. S. (1976). Iodine metabolism in the thyroid gland in chronic uranium poisoning. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 82(2), 1174–1176. <https://doi.org/10.1007/bf00785547>
- Marcelino, A. C., Gozzi, B., Cardoso-Filho, C., Machado, H., Zeferino, L. C., & Vale, D. B. (2021). Race disparities in mortality by breast cancer from 2000 to 2017 in São Paulo, Brazil: a population-based retrospective study. *BMC Cancer*, 21(1), 998. <https://doi.org/10.1186/s12885-021-08735-2>
- Mello, M., & Sarpa De Campos, U. B. (2021). Ambiente, trabalho e câncer: Aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios.
- Milder, C. M., Howard, S. C., Ellis, E. D., Golden, A. P., Cohen, S. S., Mumma, M. T., Leggett, R. W., French, B., Zablotska, L. B., & Boice, J. D., Jr. (2024). Third mortality follow-up of the Mallinckrodt uranium processing workers, 1942–2019. *International Journal of Radiation Biology*, 100(2), 161–175. <https://doi.org/10.1080/09553002.2023.2267640>
- Nermina, O. (2005). Cancer incidence in Sarajevo region. *Medicinski Arhiv*, 59(4), 250–254.
- Oliveira Chaves, A. (2013). New geological model of the Lagoa Real uraniumiferous albitites from Bahia (Brazil). *Open Geosciences*.
- Peres, G. B., Nucci, L. B., Andrade, A. L. M., & Enes, C. C. (2023). Lifestyle behaviors and associated factors among individuals with diabetes in Brazil: a latent class analysis approach. *Ciencia & Saude Coletiva*, 28(7), 1983–1992. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023287.05622022>
- Petejova, N., & Martinek, A. (2016). Renal cell carcinoma: Review of etiology, pathophysiology and risk factors. *Biomedical Papers of the Medical Faculty of the University Palacky, Olomouc, Czechoslovakia*, 160(2), 183–194. <https://doi.org/10.5507/bp.2015.050>
- Prado, G. R., Arruda-Neto, J. D. T., Sarkis, J. E. S., Geraldo, L. P., Müller, R. M. L., Garcia, F., Bittencourt-Oliveira, M. C., Manso Guevara, M. V., Rodrigues, G., Mesa, J., & Rodrigues, T. E. (2007). Evaluation of uranium incorporation from contaminated areas using teeth as bioindicators-A case study. *Radiation Protection Dosimetry*, 2, 249–254.
- Prefeitura Municipal de Caetité. (2024). *A História*. Caetité, BA: Prefeitura Municipal de Caetité. Disponível em: <https://caetite.ba.gov.br/a-historia/> (acessado em 13 de fevereiro de 2024).
- Reeder-Hayes, K. E., & Anderson, B. O. (2017). Breast cancer disparities at home and abroad: A review of the challenges and opportunities for system-level change. *Clinical Cancer Research: An Official Journal of the American Association for Cancer Research*, 23(11), 2655–2664. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-16-2630>
- Rehm, J., Shield, K. D., & Weiderpass, E. (2020). Alcohol consumption. A leading risk factor for cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 331(109280), 109280. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2020.109280>

Richardson, D. B., Rage, E., Demers, P. A., Do, M. T., DeBono, N., Fenske, N., Deffner, V., Kreuzer, M., Samet, J., Wiggins, C., Schubauer-Berigan, M. K., Kelly-Reif, K., Tomasek, L., Zablotska, L. B., & Laurier, D. (2021). Mortality among uranium miners in North America and Europe: the Pooled Uranium Miners Analysis (PUMA). *International Journal of Epidemiology*, 50(2), 633–643. <https://doi.org/10.1093/ije/dyaa195>

Ritz, B. (1999). Radiation exposure and cancer mortality in uranium processing workers. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 10(5), 531–538. <https://doi.org/10.1097/00001648-199909000-00012>

Rocha, I. (2021). Technoscientific reports, nuclearity and uranium production in Caetité/BA as a public issue. *Ambiente & sociedade*, v, 24.

Rubin, J. B., Lagas, J. S., Broestl, L., Sponagel, J., Rockwell, N., Rhee, G., Rosen, S. F., Chen, S., Klein, R. S., Imoukhuede, P., & Luo, J. (2020). Sex differences in cancer mechanisms. *Biology of Sex Differences*, 11(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s13293-020-00291-x>

Sadykova, L. R., Ntekim, A. I., Muyangwa-Semenova, M., Rutland, C. S., Jeyapalan, J. N., Blatt, N., & Rizvanov, A. A. (2020). Epidemiology and risk factors of osteosarcoma. *Cancer Investigation*, 38(5), 259–269. <https://doi.org/10.1080/07357907.2020.1768401>

Saliba de Paula, B. L. (2020). A mineração de urânio em questão: análise da comunicação pública das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Caetité, Bahia. *Revista electronica de comunicacao, informacao & inovacao em saude: RECIIS*, 14(2). <https://doi.org/10.29397/reciis.v14i2.2054>

Santos, H. L. P. C. dos, Machado, J. S., Brito, A. S., & Pinheiro, F. D. (2022). Série Histórica de Mortalidade por Neoplasias no Estado da Bahia entre os Anos de 2008 e 2018. *Revista Brasileira de Cancerologia*, 68(1). <https://doi.org/10.32635/2176-9745.rbc.2022v68n1.1376>

Santos, E. F. de S., Monteiro, C. N., Vale, D. B., Louvison, M., Goldbaum, M., Cesar, C. L. G., & Barros, M. B. de A. (2023). Social inequalities in access to cancer screening and early detection: A population-based study in the city of São Paulo, Brazil. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 78(100160), 100160. <https://doi.org/10.1016/j.clinsp.2022.100160>

Santos, M. de O., Lima, F. C. da S. de, Martins, L. F. L., Oliveira, J. F. P., Almeida, L. M. de, & Cancela, M. de C. (2023). Estimativa de Incidência de Câncer no Brasil, 2023-2025. *Revista Brasileira de Cancerologia*, 69(1). <https://doi.org/10.32635/2176-9745.rbc.2023v69n1.3700>

Sarkar, A. (2019). Nuclear power and uranium mining: current global perspectives and emerging public health risks. *Journal of Public Health Policy*, 40(4), 383–392. <https://doi.org/10.1057/s41271-019-00177-2>

Semenova, Y., Pivina, L., Zhunussov, Y., Zhanaspayev, M., Chirumbolo, S., Muzdubayeva, Z., & Bjørklund, G. (2020). *Radiation-related health hazards to uranium miners. Environmental Science and Pollution Research*.

Serrano, C. G. T., & Rêgo, M. A. V. (2023). Mortalidade por Câncer no sudoeste da Bahia (Brasil) uma região exposta a radiação natural elevada. *Brazilian Journal of Development*, 9(2), 7965–7983. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n2-120>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Brasil tem potencial para ter uma das cinco maiores reservas de urânio do mundo. Notícias. Brasília: SGB, 14 dez. 2023. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/Noticias/Brasil-tem-potencial-para-ter-uma-das-cinco-maiores-reservas-de-uranio-do-mundo7927.html#:~:text=Atualmente%2C%20o%20pa%C3%ADs%20det%C3%A9m%20a,as%20cinco%20maiores%20reservas%20globais..> Acesso em: 13 fev. 2024.

SESAB - Secretaria da Saúde do Estado da Bahia. Secretaria da Saúde inspeciona funcionamento da UNACON de Caetité. Salvador: Secretaria da Saúde do Estado da Bahia, 13 out. 2023. Disponível em: <https://www.saude.ba.gov.br/2023/10/13/secretaria-da-saude-inspeciona-funcionamento-da-unacon-de-caetite/>. Acesso em: 30 de outubro de 2024

Silva, A. D., Guida, J. P. S., Santos, D. de S., Santiago, S. M., & Surita, F. G. (2024). Racial disparities and maternal mortality in Brazil: findings from a national database. *Revista de saude publica*, 58(1), 25. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2024058005862>

Silva, G. A. e., Gamarra, C. J., Girianelli, V. R., & Valente, J. G. (2011). Tendência da mortalidade por câncer nas capitais e interior do Brasil entre 1980 e 2006. *Revista de saude publica*, 45(6), 1009–1018. <https://doi.org/10.1590/s0034-89102011000600002>

Silva, R. O. P. e., Brandão, K. M. A., Pinto, P. V. M., Faria, R. M. D., Clementino, N. C. D., Silva, C. M. F., & Lopes, A. F. (2009). Mieloma múltiplo: características clínicas e laboratoriais ao diagnóstico e estudo prognóstico. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 31(2), 63–68. <https://doi.org/10.1590/s1516-84842009005000013>

Silva, L. F. (2015). Modelo conceitual do aquífero fraturado da área da jazida de urânio de Caetité, Bahia : implicações para o fluxo subterrâneo. 2015. ix, 147 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas).

Silva, L. S., Pecequillo, B. R. S., Sarkis, J., & Nisti, M. B. (2011). Uranium concentrations in the water consumed by the resident population in the vicinity of the Lagoa Real uranium province.

Silva, N. C., Hora, S., Silva, L. S., Pecequillo, B. R. S., Sarkis, J., & Nisti, M. B. (2011). Uranium concentrations in the water consumed by the resident population in the vicinity of the Lagoa Real uranium province.

Sofia, C., & De Freitas, D. (1997). Alcool e cancro [Alcohol and cancer. *Acta Med Port*, 10, 373–379.

Souidi, M., Tissandie, E., Racine, R., Soussan, H. B., Rouas, C., Grignard, E., Dublineau, I., Gourmelon, P., Lestavel, P., & Gueguen, Y. (2008). Uranium : propriétés et effets biologiques après contamination interne. *Annales de biologie clinique*, 67(1), 023–038. <https://doi.org/10.1684/abc.2008.0290>

- Souza, T. C., Oliveira, L. A., Daniel, M. M., Ferreira, L. G., Della Lucia, C. M., Liboredo, J. C., & Anastácio, L. R. (2022). Lifestyle and eating habits before and during COVID-19 quarantine in Brazil. *Public Health Nutrition*, 25(1), 65–75. <https://doi.org/10.1017/S136898002100255X>
- Stammler, L., Uhl, A., Mayer, B., & Keller, F. (2016). Renal effects and carcinogenicity of occupational exposure to uranium: A meta-analysis. *Nephron Extra*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.1159/000442827>
- Sun, Y.-S., Zhao, Z., Yang, Z.-N., Xu, F., Lu, H.-J., Zhu, Z.-Y., Shi, W., Jiang, J., Yao, P.-P., & Zhu, H.-P. (2017). Risk factors and preventions of breast cancer. *International Journal of Biological Sciences*, 13(11), 1387–1397. <https://doi.org/10.7150/ijbs.21635>
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), 209–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- Tirmarche, M., Harrison, J., Laurier, D., Blanchardon, E., Paquet, F., & Marsh, J. (2012). Risk of lung cancer from radon exposure: contribution of recently published studies of uranium miners. *Annals of the ICRP*, 41(3–4), 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2012.06.033>
- Tourinho-Barbosa, R. R., Pompeo, A. C. L., & Glina, S. (2016). Prostate cancer in Brazil and Latin America: epidemiology and screening. *International Braz j Urol: Official Journal of the Brazilian Society of Urology*, 42(6), 1081–1090. <https://doi.org/10.1590/S1677-5538.IBJU.2015.0690>
- Vaccarella, S., Lortet-Tieulent, J., Saracci, R., Conway, D. I., Straif, K., & Wild, C. P. (2019). Reducing social inequalities in cancer: evidence and priorities for research. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer.
- van Gerwen, M., Alpert, N., Lieberman-Cribbin, W., Cooke, P., Ziadkhanpour, K., Liu, B., & Genden, E. (2020). Association between uranium exposure and thyroid health: A National Health and Nutrition Examination Survey analysis and ecological study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 712. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030712>
- Wagner, S. E., Burch, J. B., Bottai, M., Puett, R., Porter, D., Bolick-Aldrich, S., Temples, T., Wilkerson, R. C., Vena, J. E., & Hébert, J. R. (2011). Groundwater uranium and cancer incidence in South Carolina. *Cancer Causes & Control: CCC*, 22(1), 41–50. <https://doi.org/10.1007/s10552-010-9669-4>
- Xu, C., Li, T., Hu, C., Guo, H., Ye, J., Li, L., Liu, W., & Niu, L. (2021). Waterborne uranium causes toxic effect and thyroid disruption in zebrafish larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208(111585), 111585. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111585>
- Yiin, J. H., Anderson, J. L., Bertke, S. J., & Tollerud, D. J. (2018). Dose-response relationships between internally-deposited uranium and select health outcomes in gaseous

diffusion plant workers, 1948-2011. *American Journal of Industrial Medicine*, 61(7), 605–614. <https://doi.org/10.1002/ajim.22858>

Yoo, J. E., Han, K., Shin, D. W., Jung, W., Kim, D., Lee, C. M., Kwon, H., Jung, K.-W., & Song, Y.-M. (2022). Effect of smoking reduction, cessation, and resumption on cancer risk: A nationwide cohort study. *Cancer*, 128(11), 2126–2137. <https://doi.org/10.1002/cncr.34172>

Zablotska, L. B., Lane, R. S. D., Frost, S. E., & Thompson, P. A. (2014). Leukemia, lymphoma and multiple myeloma mortality (1950-1999) and incidence (1969-1999) in the Eldorado uranium workers cohort. *Environmental Research*, 130, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.01.002>

Zhu, C., & Boutros, P. C. (2021). Sex differences in cancer genomes: Much learned, more unknown. *Endocrinology*, v. 162.