

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**VÍVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA**

**MINERAÇÃO DE URÂNIO EM CALDAS, MG: (IN)JUSTIÇA AMBIENTAL E  
PERCEPÇÕES DOS MORADORES**

**POÇOS DE CALDAS/MG**

**2024**

**VÍVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA**

**MINERAÇÃO DE URÂNIO EM CALDAS, MG: (IN)JUSTIÇA AMBIENTAL E  
PERCEPÇÕES DOS MORADORES**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana Botezelli  
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Silva

**POÇOS DE CALDAS/MG**

**2024**

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Central

Costa, Vívian Ariane de Oliveira.

Mineração de urânio em Caldas, MG : (in)justiça ambiental e percepções dos moradores / Vívian Ariane de Oliveira Costa. - Alfenas, MG, 2024.  
129 f. : il. -

Orientador(a): Luciana Botezelli.

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2024.  
Bibliografia.

1. Energia nuclear. 2. Riscos. 3. Impacto socioambiental. I. Botezelli, Luciana, orient. II. Título.

## VÍVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA

“Mineração de urânio em Caldas, MG: (in)justiça ambiental e percepções dos moradores”

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 27 de maio de 2024.

Profa. Dra. Luciana Botezelli

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)

Profa. Dra. Daniela Rocha Teixeira Riondet Costa

Instituição: Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Profa. Dra. Raquel Maria Rigotto

Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Sabrina Soares da Silva

Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Profa. Dra. Vanessa Cristina Silva Vieira

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG)



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Botezelli, Professor do Magistério Superior**, em 28/05/2024, às 12:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1254840** e o código CRC **F3FD5370**.

Dedico este trabalho a todos os professores  
que fizeram parte da minha história.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Dalmo, que por toda sua vida acreditou que eu era capaz, mais do que eu mesma. Por todo amor depositado nesses anos juntos, que hoje transcende o espaço e o tempo. Pelas memórias criadas de uma infância feliz, pela amizade na adolescência e por todo companheirismo agora na fase adulta, ao me ver preparando esse trabalho, mas infelizmente, não ter tempo de vê-lo finalizado. Minha eterna gratidão e admiração.

À minha mãe, Nice, porque tudo isso também é dela. É tudo para ela e por ela. Por todos os ensinamentos e por ser colo nos dias difíceis. Por enfrentar filas em dia de matrícula escolar, por sempre estar aplaudindo em pé as minhas apresentações de dança, teatro e coral. Pela assiduidade em todas as reuniões de pais e ajuda nos trabalhos e deveres de casa. Pode ter certeza de que isso fez toda a diferença na minha vida e no meu amor pela educação.

Aos meus pais, conjuntamente, por terem me criado com todo o amor. Por me proporcionarem, com muito esforço, o acesso à educação que eles mesmos não tiveram oportunidade. Por plantarem em mim a semente da justiça social, da generosidade e da humildade. Por estarem comigo, de longe ou perto, sempre com palavras de apoio, me fazendo pensar nos motivos pelo quais eu ainda lutava. Obrigada pelo suporte nesta minha aventura de querer estudar cada vez mais. Saibam que os ensinamentos que me passaram, universidade alguma no mundo seria capaz de me oferecer. Vocês sempre serão meus maiores exemplos.

Aos meus amados irmãos Nívea e Plínio e ao meu cunhado Renato, por vivenciarem comigo cada desafio torcendo, vibrando e olhando por mim. Reconheço que muitos obstáculos foram vencidos porque contei com o suporte de cada um de vocês, desejo que contem comigo para o que precisarem também. Às crianças Antonella, Heitor e Anthony, que trouxeram esperança, cor e alegria em meus dias, haja energia para acompanhá-los, mas com cada um aprendi a ser mais que tia, ser amiga.

À minha querida orientadora Luciana, que me guiando profissionalmente no mundo acadêmico nunca deixou de me olhar com olhos de ternura. Por me incentivar e me promover oportunidades, que nunca me esquecerei, nos momentos mais difíceis que passei. E, por me transmitir, com leveza, todo o conhecimento técnico e humano necessário para honrar este título. Sou imensamente grata a Deus

por ter tido a sorte de trabalhar nesses últimos quatro anos com uma mulher tão inspiradora, que confiou em mim, me deu autonomia e que me faz querer ser como ela. Também agradeço ao meu coorientador Luiz Felipe, pela paciência, solicitude e tão lúcidas sugestões. Sua ajuda foi fundamental para este momento.

Aos meus amigos, que me encontravam aos finais de semana para tomarmos aquela cerveja gelada nas calçadas dos bares, ao som de Sambalux, na linda e amada Poços de Caldas, sempre em festa, me dando gás para seguir adiante. Aos amigos dos Filhos do Forró, por serem conforto nos dias pesados e por permitirem me sentir mais viva na dança.

Aos amigos que não mediram esforços para me auxiliar, de alguma forma, no campo, seja embaixo de sol, chuva, na cidade e na estrada de terra, no ônibus ou de carro, vivendo juntos os percalços da pesquisa, mas sempre dispostos a realizar o trabalho com presteza. Obrigada Valdenir Togni, Leonardo Sucena, Júlia Sâmia, Vanessa Batista, Rafael Carvalho, Francine Rinke, Rômulo Magno, Marina Rosa e Silas Augusto. Agradeço também o acolhimento recebido pelos membros da Frente Popular de Luta Antinuclear de Caldas.

A toda simpática comunidade de Caldas, que me acolheu durante os meses de campo, e a cada um dos participantes dessa pesquisa, que compartilharam comigo tantas histórias de vida e ensinamentos, meu máximo respeito. Certamente aprendi com cada um. Estendo meus agradecimentos à toda sociedade brasileira, que por meio dos impostos, contribuiu para a minha formação.

À Universidade Federal de Alfenas, pelo ensino público gratuito e de qualidade. A todos os servidores e técnicos-administrativos, que auxiliaram direta ou indiretamente na minha carreira acadêmica, em especial às secretárias Viviane e Márcia Lúcia. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, pela troca de experiências com os colegas de curso e pelo corpo docente de excelência, em especial ao professor Thiago Corrêa de Souza.

Aos colegas do grupo de pesquisa em educação ambiental Pé de Água, especialmente a acolhida e carinho da professora Adriana Maria Imperador e aos amigos Tális Matias e Ligia Almeida, que estiveram a todo momento ao meu lado, pelas boas conversas e por dividirem a dor e a delícia da pós-graduação.

Às professoras Daniela Rocha Teixeira Riondet-Costa, Raquel Maria Rigotto, Sabrina Soares da Silva e Vanessa Cristina Silva Vieira, por, prontamente, aceitarem o meu convite de participação na banca, pela disposição na leitura atenta e pelas

ricas contribuições no trabalho, no exame de qualificação e na defesa da tese.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Devemos tomar consciência que os direitos da natureza e os direitos humanos são dois nomes da mesma dignidade. E qualquer contradição é artificial.

(Galeano, 2011)

## RESUMO

A presente pesquisa investigou a problemática da energia nuclear e da mineração de urânio, em níveis mundial, nacional e regional. O estudo, no primeiro capítulo, teve como objetivo situar o leitor ao cenário dos conflitos ambientais trazidos pelo setor de mineração de urânio em escala mundial, nos últimos dez anos, por meio da análise de artigos científicos disponibilizados em diferentes bases de dados e trouxe à tona o fato da contaminação pelos resíduos nucleares e os potenciais acidentes implicarem em um sistema contínuo de marginalização dos cidadãos, entre os quais destacam-se os moradores de comunidades rurais, trabalhadores industriais, mulheres e indígenas. No segundo capítulo, objetivou-se analisar e discutir as normas nacionais sobre a exploração de urânio e a produção de energia nuclear, para isso, foi contextualizado, no tempo histórico, os principais episódios ocorridos no Brasil, ocasionados pela gestão inadequada no setor nuclear e pontuado, ao final, a necessidade de atualizações do arcabouço normativo nacional com as recomendações internacionais, a instituição de uma política de fiscalização mais rígida, além de investigações para apuração de fatos, para mitigação dos riscos. O terceiro capítulo, com o objetivo de descrever a percepção dos moradores do município de Caldas, MG em relação aos impactos da mineração nos âmbitos dos riscos, da saúde e do meio ambiente, utilizou-se como metodologia o estudo de caso e a aplicação de questionários, que foram analisados por meio de uma adaptação de técnicas de análise de conteúdo apresentadas por Bardin e da mineração de textos; foram entrevistadas 365 pessoas, tanto da zona rural quanto da zona urbana; constatou-se como temática comum nas respostas a apreensão em relação à contaminação da água e ar, além dos relatos de doenças na comunidade, como o câncer e concluiu-se que, apesar do histórico conhecido no município, não foram encontradas, nas falas dos participantes, indícios de uma conscientização sobre os riscos e impactos socioambientais associados à mineração de urânio. Como hipótese geral foi apresentada que a alienação do sujeito no trabalho, considerando a estrutura de precarização social na Era Industrial, torna-se um mecanismo de compensação, em que a perda dos direitos, dos danos à saúde e ao meio ambiente são, muitas vezes, invisibilizados e trocados pela possibilidade de atender à sua necessidade de subsistência. Como resultado, evidenciou-se um caráter capitalista de coisificação da saúde, do meio ambiente e do trabalho, presente, principalmente,

em países periféricos. Por fim, o estudo ultrapassou as barreiras disciplinares e discutiu sobre a importância de criar espaços de diálogo entre os saberes acadêmicos e os saberes da população, para compreender uma parte de toda a problemática dos riscos ambientais e suas implicações que assolam o país. A relevância social e científica do tema do estudo pode trazer ricas contribuições para a ampliação e a difusão do conhecimento sobre como as atividades de mineração de urânio pode ter impactos negativos sobre a vida de moradores ao seu entorno e ao meio ambiente e mostra-se como um incentivo para que ações e políticas públicas sejam direcionadas a estes lugares.

Palavras-chave: energia nuclear; riscos; impacto socioambiental.

## ABSTRACT

This research investigated the problem of nuclear energy and uranium mining at global, national and regional levels. The study, in the first chapter, aimed to situate the reader in the scenario of environmental conflicts brought about by the uranium mining sector on a global scale over the last ten years, through the analysis of scientific articles made available in different databases, and brought to light the fact that contamination by nuclear waste and potential accidents imply a continuous system of marginalization of citizens, including residents of rural communities, industrial workers, women and indigenous people. In the second chapter, the aim was to analyse and discuss national regulations on uranium exploration and nuclear energy production. To this end, the main episodes that have occurred in Brazil due to inadequate management in the nuclear sector were contextualized in historical time, and the need to update the national regulatory framework in line with international recommendations, the establishment of a stricter inspection policy, as well as fact-finding investigations to mitigate risks was highlighted. The third chapter, with the aim of describing the perception of the residents of the municipality of Caldas, MG in relation to the impacts of mining in the areas of risks, health and the environment, used a case study methodology and the application of questionnaires, which were analyzed using an adaptation of content analysis techniques presented by Bardin and text mining; 365 people were interviewed, from both rural and urban areas; a common theme in the responses was apprehension about water and air contamination, as well as reports of illnesses in the community, such as cancer, and it was concluded that, despite the known history in the municipality, there was no evidence in the participants' speeches of awareness of the socio-environmental risks and impacts associated with uranium mining. As a general hypothesis, it was presented that the alienation of the subject at work, considering the structure of social precariousness in the Industrial Age, becomes a compensation mechanism, in which the loss of rights, damage to health and the environment are often made invisible and exchanged for the possibility of meeting their need for subsistence. As a result, the capitalist character of the objectification of health, the environment and work was highlighted, especially in peripheral countries. Finally, the study went beyond disciplinary barriers and discussed the importance of creating spaces for dialog between academic knowledge and the knowledge of the population, in order to

understand part of the whole problem of environmental risks and their implications that plague the country. The social and scientific relevance of the study's theme can make rich contributions to the expansion and dissemination of knowledge about how uranium mining activities can have negative impacts on the lives of the people living around them and on the environment, and is an incentive for actions and public policies to be directed towards these places.

Keywords: nuclear energy; risks; socio-environmental impact.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 —	Localização da área de estudo, em Caldas, MG .....	78
Figura 2 —	Análise de similitude: Qual ou quais foram os riscos sofridos advindos da mineração de urânio reconhecidos pelos moradores de Caldas, MG .....	87
Figura 3 —	Nuvem de palavras: Qual ou quais foram os riscos sofridos advindos da mineração de urânio reconhecidos pelos moradores de Caldas, MG .....	88
Figura 4 —	Análise de similitude: Como os moradores de Caldas, MG foram informados sobre os riscos que estão expostos .....	91
Figura 5 —	Nuvem de palavras: Como os moradores de Caldas, MG foram informados sobre os riscos que estão expostos .....	92
Figura 6 —	Análise de especificidades: frequência da palavra “câncer” nas respostas dos moradores da zona urbana e rural do município de Caldas (onde: ZR: Zona rural e ZU: Zona urbana) .....	95
Figura 7 —	Análise de especificidades: frequência da palavra “TV” nas respostas dos moradores da zona urbana e rural do município de Caldas (onde: ZR: Zona rural e ZU: Zona urbana) .....	96
Figura 8 —	Respostas obtidas dos moradores entrevistados em Caldas, MG, mediante a pergunta “Você ou sua família notou alterações no ambiente próximo a vocês, após a instalação da mineradora?” .....	97
Figura 9 —	Respostas obtidas dos moradores entrevistados em Caldas, MG, mediante a pergunta “Você notou alterações na saúde da sua família e/ou da comunidade após a instalação da mineradora? .....	98

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Artigos selecionados para análise segundo busca nas bases de dados <i>PubMed</i> ; <i>SciELO</i> ; <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> .....	30
Quadro 2 — Localidades e tipos de conflitos encontrados nos artigos selecionados .....	32
Quadro 1 — Normas regulatórias da CNEN em vigor (onde: NE: Norma Experimental; NN: Norma Nuclear) .....	51
Quadro 2 — Principais episódios ocorridos na história nuclear brasileira ....	55
Quadro 3 — Relação entre a exposição às fontes de radiação e o desenvolvimento de câncer em humanos .....	58
Quadro 1 — Cronologia dos principais acontecimentos ligados ao município de Caldas, MG, referentes à exploração de urânio .	73
Quadro 2 — Categorias selecionadas no estudo e palavras-chave identificadas para a apropriação da Análise de Conteúdo .....	83
Quadro 3 — Excertos das respostas dos moradores à pergunta dependente da questão 8 sobre como foram informados dos riscos em que estão expostos (questão 8). Sendo ZU: zona urbana; ZR: zona rural e o numeral: identificação para o respondente .....	89
Quadro 4 — Quadro 4 - Excertos das respostas dos participantes que responderam “sim” a ambas as questões, e a inclusão nas categorias de análise. Sendo ZU: zona urbana; ZR: zona rural e MA: meio ambiente e o numeral: identificação para o respondente .....	99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Resultado da pesquisa antes e após a filtragem, segundo as bases de dados consultadas .....	29
--	----

## LISTA DE SIGLAS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ANM	Agência Nacional de Mineração
BAC	Bacia de Águas Claras
BNF	Bacia Nestor Figueiredo
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDTN	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
CIPC	Complexo Mínero-Industrial de Poços de Caldas
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
DCE	Declaração de Condição de Estabilidade
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICRP	<i>International Commission on Radiological Protection</i>
IEA	Agência Internacional de Energia
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
INCA	Instituto Nacional de Câncer
INES	<i>International Nuclear Event Scale</i>
IRaMuTeQ	<i>Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires</i>
IRD	Instituto de Proteção Radiológica e Dosimetria
ISR	Inspeção de Segurança Regular
LAPOC	Laboratório de Poços de Caldas
LILACS	Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde
MA	Meio ambiente
MPF	Ministério Público Federal
MPMG	Ministério Público do Estado de Minas Gerais
mSv	Milésimos de Sievert
NE 1	Nível de Emergência 1
NE	Norma Experimental

NN	Norma Nuclear
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PAEBM	Plano de Ação Emergencial para Barragens de Mineração
PPGCA	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PSB	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
RAN	Rejeitos de Alto Nível de Radiação
RBMN	Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação
RBMN-RN	Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação contendo Radionuclídeos Naturais
RBMN-VC	Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação com Meia-Vida Curta
RBMN-VL	Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação com Meia-Vida Longa
RCBP	Registros de Câncer de Base Populacional
RI	Rejeitos Isentos
RVMC	Rejeitos de Meia-Vida Muito Curta
SciELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SIGBM	Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração
SisPF	Sistema de Proteção Física
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
UDC/Caldas	Unidade em Descomissionamento de Caldas
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
UNIFAL-MG	Universidade Federal de Alfenas
UNSCEAR	<i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i>
USAM	Usina de Santo Amaro, SP
UTM	Unidade de Tratamento de Minérios
ZR	Zona Rural
ZU	Zona Urbana

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>19</b>
1.1	OS CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS PRODUZIDOS PELA MINERAÇÃO DE URÂNIO: EXPERIÊNCIAS NO MUNDO NA ÚLTIMA DÉCADA.....	23
1.2	UM OLHAR SOBRE AS NORMAS RELATIVAS À SEGURANÇA DAS FONTES RADIOATIVAS, RADIOPROTEÇÃO E AOS REJEITOS DA EXPLORAÇÃO DE ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL.....	47
1.3	A MINERAÇÃO DE URÂNIO EM CALDAS, MG: UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS MORADORES ACERCA DOS RISCOS, DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE.....	72
<b>2.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>113</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>117</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>119</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>121</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Durante os últimos anos ocorreram no estado de Minas Gerais as tragédias de Mariana, 2015 e Brumadinho, 2019, despertando a população e autoridades para precariedade em barragens de contenção de rejeitos de mineração no país. Acompanhando notícias e informações da região do sul do estado, verifica-se o caso de conflito ambiental relativo à atividade de mineração de urânio no município de Caldas, MG. Desta forma, oportuno se fez um estudo em profundidade do caso, uma vez que o tema e a problemática que o envolvem se inserem no contexto socioambiental, em consonância com a linha de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UNIFAL-MG (PPGCA).

Conforme classificação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o PPGCA está inserido na área de Ciências Ambientais que, por sua vez, se enquadra na Grande área Multidisciplinar (Brasil, 2019). O objeto das Ciências Ambientais requer a convergência de múltiplos conhecimentos para possibilitar a reflexão vista por diferentes perspectivas. Desta forma, a interdisciplinaridade revela-se da própria práxis científicas e torna-se como uma atitude e método na produção de conhecimento (Brasil, 2019).

A área sugere assimilar o conhecimento interdisciplinar, que é requerido por questões reais e relevantes da sociedade. A interdisciplinaridade, à vista disso, não é entendida apenas como uma cooperação entre diferentes campos disciplinares, ela também está nos fenômenos das Ciências Ambientais que demandam interações interdisciplinares e até mesmo com conhecimentos não científicos (Brasil, 2023). Assim, as Ciências Ambientais se configuram em um método, organizado, de construção de conhecimento em que se tem como ponto de partida uma problemática ou complexidade socioambiental que se deseja compreender e solucionar (Brasil, 2019).

No município de Caldas, sul de Minas Gerais, houve exploração de urânio de 1982 até 1995, quando a produção foi desativada e, entre as estruturas que ficaram no local, encontram-se a cava da mina, contendo lama com resíduos radioativos; uma fábrica de beneficiamento de minério desativada e a própria barragem de rejeitos nucleares, que contém aproximadamente dois milhões de metros cúbicos de rejeitos residuais de urânio, tório e rádio (Brasil, 2019a).

Desde o início das suas operações a empresa tem sido contestada por

pesquisadores e membros da sociedade civil, que atribuem a diversos fatores o embasamento para suas desconfianças (Corrêa, 2019). A sociedade, como moradores da região, tem expressado, por meio de manifestações públicas, preocupações relacionadas aos riscos e impactos à saúde humana e ao meio ambiente por conta das atividades das Indústrias Nucleares do Brasil (INB). Após o registro de denúncias, foi realizado, somente em dezembro de 2019, o primeiro simulado externo considerando uma emergência na barragem de rejeitos (Indústrias Nucleares do Brasil, 2020), o fato apresentou-se com a intenção de sustentar e legitimar o argumento de negação dos riscos à população afirmado pela empresa, utilizando-se de mecanismos de publicidade local.

Em 2023, duas barragens em Caldas, MG não atenderam aos requisitos estruturais para obtenção da Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) e foram classificadas para o Nível de Emergência 1, porém, não puderam ser embargadas uma vez que a legislação impede que o conteúdo radioativo seja removido para outros reservatórios (Agência Nacional de Mineração, 2023). Logo, passam por obras urgentes, visto que a Agência Nacional de Mineração (ANM) estimou que abaixo das construções dessas barragens há até 500 pessoas que podem ser afetadas em caso de rompimento (Agência Nacional de Mineração, 2024).

Diante do exposto, surge o seguinte questionamento: Como a comunidade de Caldas, MG percebe os reflexos da mineração de urânio nos campos da saúde coletiva e justiça ambiental? Essa é uma problemática que se elucidou com esta pesquisa. Neste sentido, analisar a trama dos sujeitos e escutá-los apresenta-se como uma possibilidade de colocar em evidência outras narrativas que possam indicar como o sujeito submete-se ao ambiente poluído e contaminado. Tal submissão ocorre como um resultado das contradições que ocorrem na persuasão da população local a aceitar o impacto ambiental como algo benéfico para todos na exploração do solo.

A propaganda positiva, com um discurso da geração de emprego pela empresa exploradora, converge-se na hipótese de que a alienação do sujeito no trabalho, considerando a estrutura de precarização social na Era Industrial, torna-se um mecanismo de compensação, em que a perda dos direitos, dos danos à saúde e ao meio ambiente são, muitas vezes, invisibilizados e trocados pela possibilidade de atender à sua necessidade de subsistência.

Apresenta-se, desta forma, como uma balança em que o adoecimento “faz parte” da legalidade do contrato de trabalho, mas, na dinâmica da realidade, ocorre a prática ilegítima quando os sujeitos ficam expostos a situações que podem se contaminar, pois não estão plenamente protegidos dos efeitos dos agentes poluidores. E, nesta condição de estarem expostos aos riscos, torna-se evidente na vida em sociedade em países do Sul (Santos; Araújo; Baumgarten, 2016), que se trocam vidas humanas para produzir coisas.

O esforço desta pesquisa justifica-se, uma vez que o propósito é ouvir as pessoas atingidas pelos grandes projetos de “desenvolvimento”. A presente proposta se faz relevante, por tratar de um tema atual e de grande repercussão regional. Ademais, estará entre os poucos estudos acadêmicos sobre a temática dos riscos associados às atividades de mineração de urânio no Brasil, ainda mais no campo entre saúde coletiva e justiça ambiental. Discutir a relação radioatividade e riscos à saúde, em uma perspectiva interdisciplinar e que se oriente no olhar dos sujeitos atingidos, se mostra importante por evidenciar e problematizar as contradições que envolvem o elevado nível de complexidade e as incertezas existentes.

Para que fique claro ao leitor o que se entende sobre riscos trazido na pesquisa, usaremos como referência as reflexões de Beck (2010), as quais apresentam elementos importantes para compreender o comportamento institucional frente ao risco radioativo decorrente da exploração de urânio e instigam elementos da problemática do objeto de estudo, que envolvem questões que ultrapassam o local. A admissão de uma contaminação nuclear perigosa equivale à admissão da inexistência de qualquer saída possível para regiões, países ou continentes inteiros, onde sobrevivência e (re)conhecimento do perigo se contradizem (Beck, 2010).

A discussão sobre os riscos presentes em todos os capítulos visibilizará o que está entorno da problemática da radioatividade e que envolve desde a coexistência de comunidades e ambiente com processos produtivos economicamente lucrativos, mas contaminantes, até a exposição de trabalhadores terceirizados nas minerações e os impactos na saúde em função dos riscos presentes na atividade minerária.

Em uma modernidade tardia, a produção social de riqueza é acompanhada sistematicamente pela produção social de riscos (Beck, 2010).

[...] somos testemunhas oculares – sujeitos e objetos – de uma ruptura no interior da modernidade, a qual se destaca dos contornos da sociedade industrial clássica e assume uma nova forma – a aqui denominada

“sociedade (industrial) de risco” (Beck, 2010, p. 12).

A partir do estudo, pretende-se observar se na região estudada existe, de fato, ou não, um equilíbrio entre o progresso econômico, a conservação da natureza e a dignidade da vida humana para todos os grupos sociais. Desse modo, aspira-se colaborar para transformar a situação-problema investigada, no sentido de promover formas e possibilidades de justiça, a fim de superar desigualdades socioambientais. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo geral investigar os aspectos relacionados à mineração de urânio, em diferentes vieses, sendo esses em experiências mundiais, em normas regulatórias nacionais e em um estudo de caso regional em Caldas, MG.

A presente tese está estruturada em três capítulos. O primeiro capítulo contemplará um estudo realizado a partir da revisão sistemática de literatura para identificação e caracterização dos conflitos socioambientais trazidos pelo setor da mineração de urânio em escala mundial nos últimos dez anos (2013-2023). O segundo capítulo analisará as normas nacionais relativas à segurança das fontes radioativas, radioproteção e aos rejeitos radioativos envolvidos na exploração de energia nuclear no país. E, por fim, o terceiro capítulo buscará descrever a percepção dos moradores do município de Caldas, MG, em relação aos impactos da mineração de urânio nos âmbitos dos riscos, da saúde e do meio ambiente.

## 1.1 OS CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS PRODUZIDOS PELA MINERAÇÃO DE URÂNIO: EXPERIÊNCIAS NO MUNDO NA ÚLTIMA DÉCADA

O seguinte artigo atende o formato da revista *Ciência e Natura* – ISSN 2179-460X, a qual foi submetido.

### **Os conflitos socioambientais produzidos pela mineração de urânio: experiências no mundo na última década**

The socio-environmental conflicts produced by uranium mining:  
experiences in the world in the last decade

Authorship 1<sup>I</sup> , Authorship 2<sup>II</sup> , Authorship 3<sup>III</sup> 

<sup>I</sup> Institution, Department [if there is], City, State [initials], Brazil

<sup>II</sup> Institution, Department [if there is], City, State [initials], Brazil

<sup>III</sup> Institution, Department [if there is], City, State [initials], Brazil

### **RESUMO**

---

No contexto da natureza imposta pelo capitalismo avançado, existe uma expansão da exploração do minério de urânio gerando conflitos socioambientais. O presente artigo teve como objetivo situar o leitor ao cenário dos conflitos socioambientais trazidos pelo setor de mineração de urânio em escala mundial nos últimos dez anos (2013-2023). A partir da revisão sistemática de literatura para a identificação e caracterização dos conflitos como distributivos, territoriais e/ou espaciais foi realizada uma busca em cinco base de dados: *LILACS*; *PubMed*; *SciELO*; *Scopus* e *Web of Science*. Foram expostos nos artigos analisados conflitos em 18 países diferentes, nos quais ficaram evidentes a disputa entre os diferentes atores sociais e a violência sofrida pelos mais vulneráveis. Contra isso, foi sugerida a justiça ambiental como forma de ampliação do debate e uma mudança de visão rumo à construção de um futuro justo para todos os grupos sociais e livre de riscos radioativos.

**Palavras-chave:** Justiça ambiental; Riscos radioativos; Contaminação.

### **ABSTRACT**

---

In the context of the nature imposed by advanced capitalism, there has been an expansion in the exploitation of uranium ore, generating socio-environmental conflicts. The aim of this article is to introduce the reader to the scenario of socio-environmental conflicts caused by the uranium mining sector on a global scale over the last ten years (2013-2023). Based on a systematic literature review to identify and characterize conflicts as distributive, territorial and/or spatial, a search was carried out in five databases: *LILACS*; *PubMed*; *SciELO*; *Scopus* and *Web of Science*. The articles analyzed showed conflicts in 18 different countries, in which the dispute between the different social actors and the violence suffered by the most vulnerable were evident. Against this, environmental justice was suggested as a way of broadening the debate and changing the vision towards building a fair future for all social groups and free from radioactive risks.

**Keywords:** Environmental justice; Radioactive risks; Contamination.

## 1 INTRODUÇÃO

Conflitos são fatos inerentes às sociedades humanas, eles independem de contexto histórico e espaço geográfico; apresentam-se significativos para o desenvolvimento das sociedades e nem sempre são negativos (Brito *et al.*, 2011; Souza; Milanez, 2016; Colombo, 2019). Os conflitos são necessários para que as subjetividades e diferenças de pontos de vista sejam reveladas e negociadas (Silva; Adomilli, 2020).

Entende-se por conflito ambiental, foco do presente artigo, aquele que surge dos diferentes modos de apropriação técnica, econômica, social e cultural do mundo material (Zhourri; Laschefski, 2010). Estes têm sido relacionados a situações de disputa sobre a apropriação dos recursos e serviços ambientais em que predominam condições de desproporcionalidade no acesso às condições naturais, bem como na disposição dos efluentes (Zhourri *et al.*, 2016).

A partir da década de 1980, foi pensada uma outra lógica desenvolvimentista que viabilizasse uma sustentabilidade ambiental, econômica e social. Surgiu assim o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual sugere a conciliação de interesses econômicos com a questão ambiental, como solução - de um ponto de vista conservador - para os problemas ambientais (Dourado, 2021). Sem, entretanto, deixar de ser uma questão, por sua incapacidade em superar a lógica capitalista e suas injustiças, expondo-se dessa forma a diversas críticas (Cirelli, 2020; Siqueira *et al.*, 2020; Dourado, 2021; Vieira *et al.*, 2021; Pontes; Figueiredo, 2023).

Independente da polêmica gerada pelo desenvolvimento (dito) sustentável, surgiu um campo de estudos sobre tensões expresso pela apropriação dos recursos naturais pelo mercado e redistribuição de benefícios, incidindo em conflitos socioambientais cada vez mais frequentes (Acselrad, 2004; Martinez-Alier, 2018). Assim, confirmou-se a necessidade de uma melhor compreensão sobre os sentidos desses fenômenos, dos quais a mineração é exemplar.

Os conflitos socioambientais consistem em um tema interdisciplinar, em que a união das ciências sociais e naturais propõem estudar confrontos de interesses entre os diferentes grupos sociais, ou também denominados de atores sociais. Desta forma, esse campo contradiz a racionalidade dominante

que busca esclarecer estes conflitos somente por determinantes físicos e biológicos (Leff, 2002, 2004, 2021; Martinez-Alier, 2018), e associa-se à ideia de conflito do sociólogo Emile Durkheim, que é percebido como um choque de interesses entre classes, principalmente com sinais de disfunção, perturbação, desequilíbrio e perda de harmonia (Krell, 2022).

A crescente demanda por energia está alimentando a expansão da exploração do minério de urânio pelo mundo. Portanto, sua investigação encontra-se no campo dos conflitos socioambientais um importante referencial teórico para levantar argumentos sobre como é percebido e contestado o atual modelo hegemônico de desenvolvimento entre os envolvidos. Além de possibilitar a compreensão de como decisões políticas, econômicas e ambientais impõem impactos às pessoas já marginalizadas e discriminadas. A hipótese levantada no presente estudo é de que, independentemente da territorialidade e relações estabelecidas, os conflitos socioambientais têm origem nas desigualdades.

O objetivo deste estudo é situar o leitor ao cenário destes conflitos trazidos pelo setor de mineração de urânio em escala mundial, nos últimos dez anos, por meio da análise de artigos científicos disponibilizados em diferentes bases de dados.

## **2 METODOLOGIA**

Foi utilizado como método a revisão sistemática de literatura (Costa; Zoltowski, 2014; Gomes; Caminha, 2014). Esta modalidade de pesquisa “segue protocolos específicos e busca entender e dar alguma logicidade a um grande *corpus* documental, especialmente verificando o que funciona e o que não funciona num dado contexto” (Galvão; Ricarte, 2020, p. 58). Tem como característica principal a reprodutibilidade por outros pesquisadores, apresentando claramente as bases de dados consultadas, as estratégias de busca aplicadas, o processo de seleção dos artigos científicos, os critérios de inclusão e exclusão e o processo de análise dos mesmos. A revisão sistemática de literatura compreende um alto nível de evidência e representa um significativo documento para tomada de decisão em esferas públicas e privadas (Galvão; Ricarte, 2020).

Para a realização do presente trabalho formulou-se inicialmente a seguinte questão de pesquisa: “Quais foram e como se caracterizaram os conflitos socioambientais ocasionados pela mineração de urânio no mundo nos últimos 10 anos?”. A partir desta pergunta base, foram definidas as palavras-chave nas línguas portuguesa, espanhola e inglesa para melhor alcance na busca, estruturadas da seguinte forma: “*Conflicto ambiental*” AND “*Mineração de urânio*” OR “*Conflicto ambiental*” AND “*Minería del uranio*” OR “*Environmental conflict*” AND “*Uranium mining*”.

A pesquisa foi restrita aos artigos publicados nos últimos dez anos (2013 a 2023), uma vez que se trata de um tema que permeia a última década e no qual espera-se obter estudos atuais que considerem o conhecimento já produzido por trabalhos desenvolvidos anteriormente. As bases de dados selecionadas para a presente revisão foram: *LILACS*; *PubMed*; *SciELO*; *Scopus* e *Web of Science*. A escolha pelas bases de dados deu-se pela abrangência da produção científica de vários países e pela diversidade nas áreas do conhecimento.

A pesquisa nas bases de dados ocorreu da seguinte forma:

a) *LILACS*: 1) Na página inicial da base de dados *LILACS*, foi selecionado o idioma “*english*” no canto superior da tela. 2) No campo “*Advanced Search*” foram inseridas as palavras-chave do presente estudo entre aspas, uma em cada espaço de preenchimento. 3) No primeiro, terceiro e quinto campos na lateral esquerda denominados “*Add line*” foram selecionadas as opções “*and*” e no segundo e quarto campos foram selecionadas as opções “*or*”. 4) Nos campos à direita foram selecionadas as opções “*Title, abstract, subject*”.

b) *PubMed*: 1) Na página inicial da base *PubMed* foi selecionado o campo “*advanced*” logo abaixo da caixa de busca. 2) No campo “*Add terms to the query box*” foi selecionada a opção “*All Fields*”. 3) No campo de pesquisa foi inserida a primeira palavra-chave. 4) No campo “*ADD*” foi selecionada a opção “*Add with AND*” e inserida a segunda palavra-chave. 5) Em seguida foi inserida a terceira palavra e selecionada a opção “*Add with OR*” e inserida a quarta palavra, com a opção “*Add with AND*”. Assim, foi repetido o processo com as outras palavras até resultar em “*Query box*” a seguinte sequência: (((((*Conflicto ambiental*) AND (*Mineração de urânio*)) OR (*Conflicto ambiental*)) AND (*Minería del uranio*)) OR (*Environmental conflict*)) AND (*Uranium mining*) para depois clicar em “*Search*”.

6) No campo de “*Publication Date*” foi selecionada a opção “10 years”. 7) No campo “*Text Availability*” foi selecionada a opção “*Free full text*”. 8) Não foram efetuadas limitações de idioma, país e tipo de documento.

c) *SciELO*: 1) Na página inicial da base *SciELO* foi selecionado o campo “*Advanced Search*” logo abaixo da caixa de busca. 2) No campo de busca foi inserida a primeira palavra-chave e selecionada a opção ao lado “*All indexes*”. 3) Em seguida, foi selecionada a opção “*Add field +*”, a opção “*AND*” e inserida a segunda palavra-chave. 4) Foi selecionada novamente a opção “*Add field+*”, porém agora com a opção “*OR*” e inserida a terceira palavra-chave. 5) Repetiu-se o processo com “*AND*” e “*OR*” para as próximas palavras-chave. 6) Na coluna de filtros à esquerda da tela foi selecionada em “*Publication Year*” os anos de 2012 a 2021 e em “*Type of Literature*” foi selecionada a opção “*Article*”. 7) Não foram efetuadas limitações de idiomas e países.

d) *Scopus*: 1) Na página inicial da base *Scopus* foi selecionada a opção “*All fields*” no campo “*Search within*”. 2) No campo “*Search documents*” foi inserida a primeira palavra-chave entre aspas do estudo e em seguida selecionada a opção “*Add search field*” para a inserção da segunda palavra-chave entre aspas. 3) Novamente, foi selecionada a opção “*Add search field*”, porém agora com a opção “*OR*” e inserida a terceira palavra-chave entre aspas. 4) Foi repetido este processo para as últimas palavras-chave e todas com a marcação em “*All fields*”. 5) No campo “*Add date range*” foi escolhido o intervalo de tempo de 2013 até 2023. 4) Na coluna de filtros à esquerda da tela, no item “*Document type*” foi selecionada a opção “*Article*”. 6) Não foram efetuadas limitações de idiomas e países de publicação.

e) *Web of Science*: 1) Na página inicial da base *Web of Science* na aba “*Documents*” foi selecionada na primeira caixa a opção “*All Fields*”. 2) Na segunda caixa foi preenchido a primeira palavra-chave do estudo. 3) Foi selecionada a opção “*+ Add row*” e inserida a segunda palavra-chave com a opção “*And*”. 4) Novamente, foi selecionada a opção “*+Add row*”, porém agora com a opção “*Or*”, logo após inseriu-se a terceira palavra-chave e repetiu-se o procedimento para as demais. 5) No campo “*+ Add date range*” foi selecionada a opção “*Custom*” e escolhido intervalo: 01/01/2013 a 31/12/2023. 6) Na barra lateral da página, foi selecionada em “*Documents Types*” a opção “*Article*” 7) Não foram efetuadas limitações de idiomas e países de publicação.

Cabe destacar que a busca pelas bases de dados foi atualizada no mês de janeiro de 2024, através do conteúdo assinado com as editoras científicas disponível para os IPs identificados das instituições participantes no acervo do Portal de Periódicos da CAPES.

Primeiramente, os artigos foram filtrados pelo resumo. Nesta etapa, foram eliminados artigos duplicados nas bases de dados; aqueles em que as ideias de conflitos socioambientais relacionados à mineração de urânio apresentaram-se de forma superficial e os que não relataram fatos dos últimos dez anos. Os artigos que geraram dúvidas acerca da profundidade em abordar as duas palavras-chave ou sobre sua contribuição para a questão de pesquisa foram filtrados posteriormente, por meio de uma leitura integral da publicação. Uma vez que os artigos foram selecionados, foi possível identificar os conflitos socioambientais na mineração de urânio e descrever assim suas características.

Diante da complexidade dos conflitos socioambientais, a análise dos artigos utilizou-se a partir da organização de Zhou e Laschetski (2010). Os autores, a partir de estudos empíricos, buscaram identificar características dos conflitos ambientais em três tipos, podendo estes ocorrer concomitantemente: i) *Conflitos ambientais distributivos*; ii) *Conflitos ambientais territoriais* e iii) *Conflitos ambientais espaciais*.

Entendem-se por Conflitos ambientais distributivos aqueles decorrentes das desigualdades sociais no acesso e no uso dos recursos naturais; assunto que é estudado por grande parte dos pesquisadores quando se referem ao cálculo das injustiças distributivas por meio de modelos abstratos de quantificação, como o “espaço ambiental” (Opschoor; Turner, 1994) e a “pegada ecológica” (Wackernagel; Riss, 1996), principalmente quando se trata da identificação da “dívida ecológica” do hemisfério norte e das elites do hemisfério sul em relação aos pobres. A concepção de uma “dívida ecológica” estabeleceu uma crítica dos limites do crescimento do atual modelo de desenvolvimento com a questão da justiça entre países do Norte e do Sul, permitindo assim uma associação da questão ambiental com as abordagens dos teóricos da América Latina ao examinarem a dependência estrutural dos países periféricos.

Os Conflitos ambientais territoriais são relativos à apropriação capitalista da base territorial de grupos sociais e do uso dos recursos disponíveis sobre essa base territorial. Ou seja, eles são marcados por situações em que há uma

sobreposição de reivindicações de diferentes grupos sociais, com identidades e culturas próprias, sobre o mesmo recorte espacial. Dessa forma, os grupos envolvidos apresentam maneiras distintas de produção dos seus territórios, o que conseqüentemente reflete em formas diversificadas de apropriação do que chamamos de natureza nos recortes espaciais. Eles surgem quando o sistema de apropriação do espaço, com seus impactos sociais e ambientais, choca-se com os territórios gerados por grupos cujas formas de uso baseiam-se, em grau elevado, dos ritmos de regeneração natural do meio utilizado. Frequentemente, essas formas de uso apresentam relação com uma socialização do grupo em forma de mais reciprocidade e coletividade, do que de competitividade. O território, neste caso, é compreendido como um bem indispensável para a produção e reprodução que assegura a sobrevivência da comunidade como um todo.

Os conflitos ambientais espaciais são aqueles gerados através dos efeitos ou impactos ambientais que ultrapassam os limites entre os territórios de diferentes agentes ou grupos sociais, afetando seus modos de vida; como por exemplo as emissões gasosas, poluição da água, contaminação de solos entre outros. A abrangência de tais efeitos, em muitos casos, não tem limites precisos, apresentam intensidades regionais variadas, que não podem ser definidas em determinados territórios, seja em um sentido completamente físico-geográfico, seja no sentido antropológico das territorialidades.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os resultados encontrados em cada uma das bases de dados, antes e depois da seleção descrita na metodologia e o Quadro 1 traz os artigos selecionados para análise.

Tabela 1 – Resultado da pesquisa antes e após a filtragem, segundo as bases de dados consultadas.

Base de dados	Antes da seleção (Resultado das buscas)	1ª etapa (Após a leitura do resumo)	Selecionados (Após a leitura do texto na íntegra)
LILACS	0	0	0

<i>PubMed</i>	60	20	12
<i>SciELO</i>	01	01	01
<i>Scopus</i>	24	07	06
<i>Web of Science</i>	13	02	02
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>30</b>	<b>21</b>

Fonte: Organizado pelos autores (2024).

Quadro 1 – Artigos selecionados para análise segundo busca nas bases de dados *PubMed*; *SciELO*; *Scopus* e *Web of Science*

Base de dados	Número de ordem e Título do artigo	Autores	Ano
<i>PubMed</i>	01. <i>Mining and Environmental Health Disparities in Native American Communities</i>	Lewis <i>et al.</i>	2017
	02. <i>Environmental and occupational health on the Navajo Nation: a scoping review</i>	Coombs <i>et al.</i>	2022
	03. <i>The Janus face of uranium in toxicology</i>	Bolt	2022
	04. <i>Study on the Ecotoxic Effects of Uranium and Heavy Metal Elements in Soils of a Uranium Mining Area in Northern Guangdong</i>	Zhang <i>et al.</i>	2023
	05. <i>Quantification of Elemental Contaminants in Unregulated Water across Western Navajo Nation</i>	Credo <i>et al.</i>	2019
	06. <i>Radon and cancer mortality among underground uranium miners in the Příbram region of the Czech Republic</i>	Kelly-Reif <i>et al.</i>	2020
	07. <i>Traditional Sheep Consumption by Navajo People in Cameron, Arizona</i>	Rock <i>et al.</i>	2019
	08. <i>Elevated Arsenic and Uranium Concentrations in Unregulated Water Sources on the Navajo Nation, USA</i>	Hoover <i>et al.</i>	2017
	09. <i>Characteristics and Assessment of Toxic Metal Contamination in Surface Water and Sediments Near a Uranium Mining Area</i>	Yi <i>et al.</i>	2020

	10. <i>Comprehensive Assessment of Tailing Dumps' Impact on Water Quality of Rivers, Lakes, and Wells from Mining Areas</i>	Murarescu <i>et al.</i>	2022
	11. <i>Prenatal Metal Exposures and Infants' Developmental Outcomes in a Navajo Population</i>	Nozadi <i>et al.</i>	2021
	12. <i>Indoor Radon Gas (222Rn) Levels in Homes in Aldama, Chihuahua, Mexico and the Risk of Lung Cancer</i>	Lerma-Treviño <i>et al.</i>	2018
SciELO	13. <i>Contested Knowledges in the Environmental Conflict over Uranium and Phosphate Mining in Ceará – Brazil</i>	Rigotto	2017
Scopus	14. <i>Indigenous people and regional resource rights: insights from three mining regimes in northeastern India</i>	Vakkayil	2022
	15. <i>Nuclear supply chain and environmental justice struggles in Soviet and Post-Soviet countries.</i>	Hanaček e Martinez-Alier	2022
	16. <i>Controversy in mining development: a study of the defensive strategies of a mining company</i>	Karidio e Talbot	2019
	17. <i>Land rights and resource conflicts in Nunavut</i>	Bernauer	2019
	18. <i>Activism mobilising science</i>	Conde	2014
	19. <i>Assessing corporate project impacts in changeable contexts: A human rights perspective</i>	Salcito <i>et al.</i>	2014
Web of Science	20. <i>Resolving long-term issues related to surface water management and monitoring associated with the Ranger Uranium Mine, Northern Territory, Australia</i>	Hart <i>et al.</i>	2015
	21. <i>Aid with Blinkers: Environmental Governance of Uranium Mining in Niger</i>	Larsen e Mamosso	2014

Fonte: Organizado pelos autores (2024).

Ao final do procedimento, 21 artigos foram selecionados para análise. Cabe ressaltar que o termo “duplicado” se refere a um mesmo artigo quando encontrado em duas bases de dados diferentes. Após a leitura dos artigos, identificou-se quais os tipos de conflitos presentes nas experiências relatadas (Quadro 2).

Quadro 2 – Localidades e tipos de conflitos encontrados nos artigos selecionados

<b>Nº do artigo</b>	<b>Localidade</b>	<b>Conflitos distributivos</b>	<b>Conflitos territoriais</b>	<b>Conflitos espaciais</b>
01	Estados Unidos			
02	Estados Unidos		-	
03	República Tcheca		-	
04	China	-	-	
05	Estados Unidos		-	
06	República Tcheca	-	-	
07	Estados Unidos			
08	Estados Unidos		-	
09	China	-	-	
10	Romênia	-	-	
11	Estados Unidos		-	
12	México		-	
13	Brasil			
14	Índia			
15	Rússia, Bielorrússia, Cazaquistão, Ucrânia e Lituânia			
16	Canadá	-		-
17	Canadá			-
18	Namíbia e Níger			
19	Malawi			
20	Austrália			-
21	Níger			

Fonte: Organizado pelos autores (2024)

No artigo 01 identificaram-se os três tipos de conflitos. Quando os autores (Lewis *et al.*, 2017) mencionam que os estilos de vida tradicionais, como os usos das plantas locais para fins de sustento, cerimoniais ou medicinais, ou a ingestão de água de fontes históricas, resultaram em uma maior exposição do que a prevista pelos nativos americanos aos resíduos de mineração, podemos ver claramente os impactos de um conflito territorial.

Nesse mesmo caso, o conflito distributivo é identificado quando os autores registram sobre os custos altos estimados para a remoção de resíduos nestes locais, considerando uma barreira para as nações tribais, que continuam combatendo a pressão para a abertura de novas minas de urânio. E, o conflito

espacial, quando afirmam que os impactos nas tribos passarão para as futuras gerações já que os resíduos não tratados das minas de urânio abandonadas juntamente com a falta de proteções ambientais, poluíram diretamente as águas superficiais. Este fato resultou na contaminação de cerca de 40% das cabeceiras das bacias hidrográficas do oeste dos EUA, fontes de água ainda utilizadas por praticamente todas as tribos nativas estadunidenses para sobrevivência e preservação cultural.

Além do que, dados epidemiológicos preliminares documentaram uma associação direta com casos de câncer, problemas renais e hipertensão na comunidade, o que reforça o temor de que os resíduos estejam afetando negativamente a saúde. A contaminação das águas nesta comunidade também foi alvo de estudo de Hoover *et al.* (2017) (artigo 08), no qual os autores indicaram a ocorrência de arsênio e urânio em elevadas concentrações.

Coombs *et al.* (2022), no artigo 02, que estudaram a Nação Navajo, dentre as conclusões da revisão, afirmaram que o estresse psicossocial das atividades de mineração de urânio persiste, isso inclui o medo da contaminação ambiental, antecipação de problemas de saúde, luto traumático, interrupção do estilo de vida, sentimentos de traição e desconfiança dos sistemas de saúde e das autoridades federais, exemplos claros que se referem aos conflitos espaciais. O mesmo tipo de conflito foi encontrado no artigo 03 (Bolt, 2022), que trouxe referências sobre a saúde de trabalhadores expostos ao urânio. Anemia, leucopenia foram observadas em trabalhadores atualmente ativos e estudos recentes confirmam um acentuado excesso de mortalidade em mineiros subterrâneos devido à silicose/pneumoconiose e câncer de pulmão. Em ambos os casos, também são observados os conflitos distributivos, visto que são populações mais vulneráveis que sofrem os efeitos.

Zhang *et al.* (2023), no artigo 04, investigaram a contaminação do solo por metais pesados em uma área de mineração de urânio no norte de Guangdong (China). A poluição por metais pesados em torno das minas de urânio é preocupante, pois os mesmos são difíceis de degradar e migram facilmente para o corpo humano através da pele, respiração e alimentação. Os resultados apresentam toda a área de estudo com poluição grave de cádmio, arsênio e urânio e um alto risco ecológico, confirmando assim a presença de um conflito ambiental espacial.

No artigo 05, Credo *et al.* (2019) relatam que a mineração na região de Four Corners no oeste dos EUA, ocorrida nos últimos 100 anos, deixou um legado de contaminação ambiental generalizada, afetando as águas subterrâneas e o solo próximo às minas, em um claro exemplo de conflito espacial. As comunidades rurais e tribais são particularmente vulneráveis à essa contaminação devido à falta de infraestruturas públicas, instalações médicas insuficientes e baixo poder socioeconômico, o que demonstra também a presença de um conflito distributivo.

A exposição à mineração de urânio tem sido diretamente ligada a um aumento de cânceres de pulmão e outros cânceres relacionados ao urânio em mineiros e suas famílias. Embora a mineração de urânio tenha cessado na Nação Navajo em 1986, a contaminação resultante dessas operações ainda representa um perigo significativo para a comunidade. Fontes de água contaminadas são frequentemente destinadas para o consumo humano, uso doméstico e irrigação de culturas para famílias e comunidades em toda a Nação Navajo.

No estudo de Kelly-Reif *et al.* (2020), artigo 06, pode-se identificar um conflito espacial, pois os autores constataram fortes associações entre o radônio e a mortalidade de mineradores de urânio por câncer de pulmão. Nesta pesquisa também fizeram associações sugestivas entre o radônio e a mortalidade por outros tipos de doenças, nomeadamente de câncer extratorácico e a leucemia linfóide crônica (LLC). Estes por sua vez, necessitam de mais investigações, para estimativas mais precisas.

Rock *et al.* (2019) (artigo 07) atenderam aos pedidos de membros da comunidade Navajo que solicitaram informações a respeito dos níveis de urânio em sua fonte alimentar tradicional, o carneiro. Desde 1600, as ovelhas têm sido importantes para os Navajos. A carne dos carneiros alimentava as famílias, a lã mantinha-as aquecidas e a venda de cobertores tecidos pelas mulheres do grupo familiar proporcionava dinheiro ao comerciante local. Infelizmente, o risco para a saúde associado ao consumo de carne de carneiro contaminada com urânio é desconhecido até o momento. Porém, consideramos haver um conflito territorial, visto que seu consumo foi diminuído pela comunidade em cerimônias tradicionais, um conflito distributivo por se tratar de uma comunidade tribal e

rural e, um possível conflito espacial, caso venha a se confirmar a contaminação.

Nesta mesma comunidade, são confirmados no artigo 11 os conflitos espaciais e distributivos. Nele, os autores (Nozadi *et al.*, 2021) atribuem efeitos prejudiciais sobre o neurodesenvolvimento infantil à exposição precoce às substâncias tóxicas no ambiente de suas mães. Os autores ainda revelam que as mães participantes do estudo, com menor nível socioeconômico tiveram maior exposição ao chumbo, céσιο e tálio em comparação com mães com antecedentes de alto nível socioeconômico.

Yi *et al.* (2020) trouxeram no artigo 09 características da distribuição de metais potencialmente tóxicos em águas superficiais e sedimentos de um rio próximo a uma área afetada pela mineração de urânio na China. Os resultados mostram claramente um conflito espacial, visto que o conteúdo de radionuclídeos (urânio e tório) foi muito superior aos valores de base dos radionuclídeos de águas superficiais na província de Jiangxi. As concentrações máximas da maioria dos metais (exceto cromo, cádmio e chumbo) foram observadas a jusante da mina de urânio, além de indicarem que os locais adjacentes se encontram altamente poluídos.

Seguindo a mesma linha de investigação dos impactos dos depósitos de rejeitos na qualidade das águas em áreas de mineração, no artigo 10, Murarescu *et al.* (2022) nos apresentam um conflito espacial na Romênia. Independentemente da fonte, subterrânea ou superficial, a maior parte de sua utilização é para fins domésticos e potável pela população local. Concluíram que os recursos hídricos nas áreas mineiras na região de Banat estão expostos a uma poluição grave. A contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido às operações de mineração (urânio, cobre e carvão vegetal) está fortemente ligada à liberação de metais pesados e o impacto na saúde humana devido à exposição a eles é significativo.

Lerma-Treviño *et al.* (2018), artigo 12, chegaram à conclusão de que os níveis de gás radônio em Aldama, México, excedem os limites máximos permitidos pela Agência Internacional de Energia Atômica das Nações Unidas. Os autores afirmam que a saúde de alguns dos habitantes de Aldama pode estar ameaçada devido à exposição ao radônio em suas casas, visto que o gás tem sido associado ao aumento da incidência de câncer de pulmão. São

necessários mais estudos epidemiológicos nesta região, mas o resultado da pesquisa já é um indício para que os níveis de radônio sejam continuamente monitorados. Nele podemos identificar a existência de conflitos distributivos e espaciais.

Rigotto (2017) (artigo 13) afirma em sua pesquisa que, desde a década de 1970, o tema do projeto de mineração de urânio no estado do Ceará está cada vez mais presente nas conversas dos moradores, nas escolas, na mídia e nos debates públicos. Diversos atores sociais, como as comunidades tradicionais, organizações e movimentos sociais, grupos empresariais e o próprio Estado, reproduzem narrativas e tendem a se polarizar entre “pró” ou “contra”. E, neste cenário, que se configura como um conflito ambiental territorial, os envolvidos se valem de uma diversidade de saberes e desenvolvem estratégias de disputa simbólica sobre o significado do projeto e suas implicações para o local.

No artigo também foi identificado o conflito ambiental distributivo, já que foi caracterizada uma situação de miséria da população da região e classificada como sem instrução, baixa empregabilidade, tecnologia escassa e baixa produtividade. Além disso, há o conflito espacial, uma vez que entre as grandes aflições dos moradores, foram identificadas as que se referem a potenciais problemas de saúde causados pela radiação, contaminação do solo e da água.

Vakkayil (2022) (artigo 14) explorou em sua pesquisa como os indígenas interpretam e fazem valer seus direitos, legitimando ou deslegitimando certos empreendimentos de mineração em áreas demarcadas em Shillong - capital de Meghalaya - na Índia, desde 2007, o que já configura um conflito distributivo. O projeto de uma empresa mineradora estatal de urânio foi contestado por vários grupos de defesa indígena em um dos casos. Após anos de mobilização popular, funcionários feridos durante as atividades de exploração e demissão de empregados, houve o cancelamento do terreno concedido para tal empreendimento. Identificou-se no artigo o conflito territorial, pois na maioria das vezes, os discursos que os Estados, corporações e outros atores externos empregam podem ser estranhos aos povos indígenas e incompatíveis com suas relações com a terra e os recursos. E, por fim, o conflito espacial, em que o impacto ecológico foi tema dominante empregado para a deslegitimação do regime de mineração nessa área.

Hanaček e Martinez-Alier (2022) (artigo 15) examinaram 14 casos nos países soviéticos e pós-soviéticos. Com base nos resultados, foram encontrados os três tipos de conflitos socioambientais. Nos distributivos, os autores ressaltaram que os projetos atuais e históricos de usinas nucleares perigosas são implementados com maior frequência em locais periféricos e prejudicam pessoas étnicas e racializadas, incluindo diferenças de gênero, idade, classe e as suas gerações futuras.

Nesse sentido, pode-se falar do conflito espacial quando mencionam a exposição dessas pessoas à radiação e às preocupações psicológicas contínuas, em razão de que seus solos e águas estão contaminados com resíduos radioativos. Como conflito territorial, os autores citam casos em que as decisões econômicas e políticas impõem impactos ambientais negativos às pessoas que desconfiam de gestão inadequadas de resíduos por órgão governamentais nacionais e internacionais. Foi identificado um padrão de violência do Estado, como o aumento da presença militar, prisões de pessoas que protestam pacificamente e o deslocamento de pessoas de seus territórios onde projetos nucleares estão planejados ou já se encontram em andamento.

Karidio e Talbot (2019) focaram em evidenciar no artigo 16 as estratégias de defesa utilizadas por uma empresa júnior para legitimar sua posição e interesses, durante o processo de aprovação de um projeto. Estas, por sua vez, revelaram-se frágeis, visto que houve grande oposição e recusa social, com alegações de que a população não havia sido adequadamente informada sobre as questões relacionadas à mineração de urânio e que acreditavam prejudicar sua qualidade de vida. Além da falta de aceitação social, havia a incompatibilidade com a cultura local e a má compreensão dos impactos ambientais e de saúde do projeto da mina de urânio, sendo dessa forma imprudente seguir em frente e apoiar o projeto de exploração avançada da empresa, dessa forma, nesse caso podemos identificar o conflito territorial.

Bernauer (2019) também relata um caso de conflito no Canadá no artigo 17, mas desta vez em Nunavut, lar de uma população indígena. O conflito sobre a mineração de urânio neste local é antigo, data da década de 1970. Após uma empresa alemã desenvolver um projeto para uma mina do minério a 80 km a oeste de Baker Lake, houve contestação pela comunidade de Baker Lake com mais de 90% dos residentes votando contra, em um plebiscito local. As

principais inquietações incluíam a perturbação do habitat do caribu (conhecido como a rena norte-americana, uma espécie ameaçada de extinção), a contaminação radioativa da água e da vida selvagem e questões morais com os usos finais de urânio em energia nuclear e armas nucleares. Portanto, nessa situação podemos verificar os conflitos distributivos e territoriais

No artigo 18, a pesquisa de Conde (2014) foi baseada em realidades semelhantes no Níger e na Namíbia. É possível verificar todos os tipos de conflitos em ambos os casos. No Níger, de 100.000 residentes que habitavam a área, apenas os que trabalham nas minas de urânio e os funcionários municipais tinham água canalizada, eletricidade e serviços de saúde. O restante, cerca de 60 mil moradores, viviam em casas construídas com barro, ferro corrugado e sucata, com água poluída, cujo acesso inadequado. A empresa exploradora utilizou 20% da capacidade do aquífero local. A marginalização e a dependência são agudas, revelando-se um conflito distributivo e territorial.

A respeito do conflito espacial, podemos citar sobre o maior receio dos trabalhadores e residentes perto das minas que é o impacto da radiação na sua saúde. Pode ser radiação externa emitida pelo urânio e sua cadeia de decaimento, bem como radiação interna fixada no interior do corpo ao respirar gás radônio, inalar poeira ou beber água e comer alimentos contaminados. Ambas as minas geraram desde sua inauguração em 1968 mais de 30 milhões de toneladas de rejeitos e são neles que contêm 85% da radioatividade original e permanecerão radioativos por centenas de milhares de anos.

Na Namíbia, podemos identificar os mesmos conflitos. A cidade de Arandis foi construída para abrigar os trabalhadores da mina de urânio Rössing, da empresa Rio Tinto, em operação desde 1976. Durante a década de 1990, coincidindo com os baixos preços do urânio, a Rössing reduziu 70% de sua força de trabalho, resultando em muitas pessoas deixando a cidade. Em 1992, a Rössing entregou a administração da cidade ao governo, obrigando os moradores a pagar pela primeira vez por eletricidade, água, escola e moradia, marginalizando ainda mais a cidade. Assim como no Níger, moradores e trabalhadores dependem totalmente da mina e a principal preocupação é o impacto que a exploração causou e causa no meio ambiente e na saúde deles (Conde, 2014). Segundo o mesmo autor, as empresas nos dois países

produzem informações falsas e amplia a incerteza na população, sempre negando problemas de saúde ocupacional relacionados à radiação.

Salcito *et al.* (2014), no artigo 19, descrevem a avaliação dos impactos do projeto nos direitos humanos, referentes à mina de urânio Kayelekera no norte do Malawi, na África. O artigo 28 traz informações sobre conflitos socioambientais, além de elucidar as condições precárias dos trabalhadores na empresa e dos moradores da região. Vê-se presente o conflito distributivo quando os autores mostram que a infraestrutura, incluindo saúde, educação e estradas, era mínima quando a empresa se instalou. Durante a avaliação inicial em Kayelekera, foi relatado que o governo lançou gás lacrimogêneo em manifestantes no local da mina que estavam exercendo a liberdade de expressão, o que configura um conflito territorial. Após uma série de crises e escândalos, em 2011 e 2012, como o desastre nuclear em Fukushima, Kayelekera tornou-se uma mina de receita negativa. A mineradora reagiu, aumentando o salário dos funcionários, porém com o declínio do valor de mercado global de urânio houve grande número de demissões. O que gerou protestos, devido às dívidas dos trabalhadores demitidos e as condições econômicas do país na época. Os autores relataram também que o projeto da mineradora teve uma campanha de monitoramento avançado e detalhado do ar, água e solo, mas nenhum relatório foi disponibilizado nos idiomas locais para os moradores consultarem. Como resultado, surgiram temores significativos de degradação ambiental e riscos à saúde, o que pode vir a ser um conflito espacial.

Hart *et al.* (2015) discorrem no artigo 20 sobre os conflitos relacionados à água entre os povos nativos Mirrar e a operadora da mina de urânio Ranger, no norte da Austrália, em uma área cercada pelo Parque Nacional de Kakadu, considerado Patrimônio da Humanidade. Os conflitos destacados são distributivos, pois boa parte dos terrenos circundantes são reconhecidos como parte da propriedade tradicional do povo aborígine da região e territoriais, pois o povo Mirrar deixou claro suas preocupações com relação à gestão das águas superficiais e subterrâneas na mina de urânio Ranger. Após anos, a questão foi solucionada com muitos acordos entre a empresa mineradora e a população, cujos autores atribuem o sucesso deste projeto de solução aos seguintes pontos identificados e discutidos: os benefícios mútuos para ambas as partes

envolvidas, a boa vontade delas, o financiamento adequado e um acordo sobre os problemas.

Larsen e Mamosso (2014) no artigo 21 trouxeram evidências de conflitos na mineração de urânio no Níger, na África Ocidental. A indústria operava em face de graves queixas de populações locais afetadas, o que representa conflitos territoriais e distributivos, em função do país ser bem conhecido na mídia internacional como um dos mais pobres do mundo, que luta com problemas estruturais crônicos como a fome, desnutrição, entre outros. Nas entrevistas realizadas pelos autores, representantes da sociedade civil relataram muitas apreensões, nos apontando conflitos espaciais, como: a disposição livre de resíduos radioativos que contaminaram sedimentos e corpos d'água e com radioatividade excedendo a dose de exposição permitida em prédios públicos, como escolas. Foi feita, inclusive, referência à poluição radioativa de corpos d'água, levando a defeitos congênitos e deformidades corporais na população local. Também foram relatados sobre a falta de indenização por doenças relacionadas ao trabalho e o descumprimento das normas de vigilância em saúde pela empresa mineradora.

Ainda que existam os limites de toda e qualquer classificação, separar os conflitos por categorias permite, para fins analíticos, uma boa visualização quanto à forma e à profundidade dos confrontos entre os grupos envolvidos e as chances reais da sua conciliação ou até mesmo resolução. Como mencionado, vale destacar novamente a existência de um diálogo existente na dinâmica dos conflitos ambientais territoriais, espaciais e distributivos, que, na prática, podem ocorrer ao mesmo tempo.

Do ponto de vista das soluções, pode-se afirmar que no caso dos conflitos espaciais encontrados, como a poluição e contaminação, podem muitas vezes ser respondidos por meio de tecnologias, dentro da lógica da modernização ecológica. Quanto aos conflitos distributivos, que são vinculados à questão dos modos de produção e consumo, há uma possibilidade do enfrentamento por vias econômicas, ou seja, repensar o papel do Estado e do mercado. Por fim, no caso de conflitos ambientais territoriais, entre grupos com modos diferenciados de apropriação do meio, que a determinação de compromissos ou entendimentos se torna menos flexíveis e mais difíceis, uma vez que dependem de distintas racionalidades, o assunto fica mais delicado.

É comum que as políticas ambientais fiquem restritas à aplicar somente algumas medidas de mitigação ou de compensação aos projetos econômicos que causam sérios danos às pessoas e ao meio ambiente, porém não consideram a opinião e a vivência dos povos afetados que lutam para continuar em seus territórios e para preservá-los em sua plenitude.

Não são estes atores os que dominam as dinâmicas dos processos decisórios. O pedido de ajuda e opinião dos povos atingidos, política e economicamente fragilizados, encontram enormes obstáculos para serem levados em consideração e ouvidos nos debates, decisões e documentos.

Tendo em vista esse cenário, o desenvolvimento de instrumentos, como o Mapa dos Conflitos Ambientais (Gesta/UFMG, 2024) e trabalhos investigativos e científicos, como o que se lê, buscam amplificar as vozes geralmente ausente dos processos decisórios. Auxiliam também na exposição e divulgação das situações de risco e de injustiças sofridas pelos povos atingidos e, pretende-se, que seja uma forte união na luta pelo reconhecimento de direitos de todos.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas informações apresentadas neste trabalho, depreende-se que as análises dos artigos trazem reflexões significativas e expõem fatos que precisam de soluções urgentes nos países abordados, a saber: Austrália; Bielorrússia; Brasil; Canadá; Cazaquistão; China; Estados Unidos; Lituânia; Índia; Malawi; México; Namíbia; Níger; Quirguizistão; República Tcheca; Romênia; Rússia e Ucrânia.

Com a leitura e identificação das categorias de conflitos ambientais, foi possível confirmar a hipótese levantada e afirmar que os conflitos socioambientais não são resultados inevitáveis de um progresso econômico, aos quais minorias são obrigadas a suportá-los, mas tratam-se de resultados de um modelo de desenvolvimento hegemônico que privilegia alguns grupos sociais, uma minoria, enquanto desvaloriza comunidades vulneráveis expressivas. A contaminação pelos resíduos nucleares e os potenciais acidentes implicam em um sistema contínuo de marginalização contra os cidadãos do entorno das minas, onde encontram-se principalmente as

comunidades rurais, trabalhadores industriais, mulheres e as comunidades indígenas.

Portanto, faz-se necessária, além de uma mudança de visão rumo à construção de um futuro justo para todos os grupos sociais e livre de riscos radioativos, de se ter criticidade aos discursos de desenvolvimento e da produção de energia nuclear que minimizam seus riscos.

Conclui-se que é por meio da justiça ambiental que emerge a possibilidade de resistir às grandes empresas exploradoras e às potências militares nucleares históricas, que ameaçam a capacidade das populações vulneráveis em sustentar suas tradições e culturas em um ambiente saudável.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H. Conflitos ambientais: a atualidade do objeto. In: Acselrad, H. (Org.). **Conflitos Ambientais no Brasil** (pp. 7-12). Editora Relume Dumará. 2004.
- BERNAUER, W. Land rights and resource conflicts in Nunavut. **Polar Geography**, 4(4), 253-266. 2019.
- BOLT, H. M. The Janus face of uranium in toxicology. **Archives of Toxicology**, 96(3), 689-690. 2022.
- BRITO, D. M. C.; BASTOS, C. M. C. B.; FARIAS, R. T. S.; BRITO, D. C.; DIAS, G. A. C. Conflitos socioambientais no século XXI. **Revista de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, 4, 51-58. 2011.
- CIRELLI, G. L. A concepção de desenvolvimento sustentável (DS) sob uma perspectiva crítica. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, 6(1), 37-54. 2020.
- COLOMBO, S. R. A necessidade de atuação resolutiva do ministério público na resolução dos conflitos ambientais frente aos resultados sobre as ações civis públicas ajuizadas no tribunal de justiça de São Paulo. **Revista de Direito da Cidade**, 12(1), 73-109. 2019.
- COOMBS, S.; SLEETH, D. K.; JONES, R. M. Environmental and occupational health on the Navajo Nation a scoping review. **Reviews on environmental health**, 37(2), 181-187. 2022.
- CONDE, M. Activism mobilising science. **Ecological Economics**, 105, 67-77. 2014.
- COSTA, A. B.; ZOLTOWSKI, A. P. C. Como escrever um artigo de revisão sistemática. In: Koller, S. H, Couto, M. C. de P, & Hohendorff, J. V. (Orgs.). **Manual de Produção Científica** (pp. 55-70). Editora Penso. 2014.
- CREDO, J.; TORKELESON, J.; ROCK, T.; INGRAM, J. C. Quantification of Elemental Contaminants in Unregulated Water across Western Navajo Nation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 16(15), 1-15. 2019.
- DOURADO, N. P. A insustentabilidade do desenvolvimento sustentável no âmbito da sociedade capitalista contemporânea. **Diversitas Journal**, 6(2), 2668-2680. 2021.
- GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **LOGEION: Filosofia da informação**, 6(1), 57-73. 2020.
- GESTA/UFMG. *Mapa dos Conflitos Ambientais*. Disponível em: <https://conflitosambientaismg.lcc.ufmg.br/observatorio-de-conflitos-ambientais/mapa-dos-conflitos-ambientais/>. Acesso em 08 de abril de 2024.
- GOMES, I. S.; CAMINHA, I. de O. Guia para estudos de revisão sistemática: uma opção metodológica para as Ciências do Movimento Humano. **Movimento**, 20(1), 395-411. 2014.
- HANAČEK, K.; MARTINEZ-ALIER, J. Nuclear supply chain and environmental justice struggles in Soviet and Post-Soviet countries. **Post-Communist Economies**, 34(7), 966-994. 2022.

HART, B. T.; TAYLOR, M.; ILES, M.; KYLE, G.; SINCLAIR, G. Resolving long-term issues related to surface water management and monitoring associated with the Ranger Uranium Mine, Northern Territory, Australia. **Australasian Journal of Environmental Management**, 22(4), 417-431. 2015.

HOOVER, J.; GONZALES, M.; SHUEY, C.; BARNEY, Y.; LEWIS, J. Elevated Arsenic and Uranium Concentrations in Unregulated Water Sources on the Navajo Nation, USA. **Exposure and Health**, 9(2), 113-124. 2017.

KARIDIO, I.; TALBOT, D. Controversy in mining development: a study of the defensive strategies of a mining company. **Journal of Sustainable Finance & Investment**, 10(1), 18-43. 2019.

KELLY-REIF, K.; SANDLER, D.P.; SHORE, D.; SCHUBAUER-BERIGAN, M. K.; TROESTER, M. A.; NYLANDER-FRENCH, L.; RICHARDSON, D. B. Radon and cancer mortality among underground uranium miners in the Příbram region of the Czech Republic. **American Journal of Industrial Medicine**, 63(10), 859-867. 2020.

KRELL, O. J. G. O efeito moral da divisão social do trabalho em sociedades modernas na obra de E. Durkheim: gerar solidariedade em função da coesão social. **Revista Brasileira de Sociologia do Direito**, 9(3), 5-28. 2022.

LARSEN, R. K.; MAMOSSO, C. A. Aid with Blinkers: Environmental Governance of Uranium Mining in Niger. **World Development**, 56, 62–76. 2014.

LEFF, E. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder**. Rio de Janeiro: Vozes. 2021.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez. 2002.

LEFF, E. **Aventuras da epistemologia ambiental: da articulação das ciências ao diálogo de saberes**. Rio de Janeiro: Garamond. 2004.

LERMA-TREVIÑO, C.; RUBIO-ARIAS, H.; COLMENERO-SUJO, L. H.; VILALBA, M. L.; OCHOA-RIVERO, J. M. Indoor Radon Gas ( $^{222}\text{Rn}$ ) Levels in Homes in Aldama, Chihuahua, Mexico and the Risk of Lung Cancer. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 15(1337), 1-9. 2018.

LEWIS, J.; HOOVER, J.; MACKENZIE, D. Mining and Environmental Health Disparities in Native American Communities. **Current Environmental Health Reports**, 4(2), 130-141. 2017.

MARTINEZ-ALIER, J. **O ecologismo dos pobres**. São Paulo: Contexto. 2018.

MURARESCU, O.; RADULESCU, C.; DULAMA, I. D.; MURATOREANU, G.; PEHOIU, G.; STIRBESCU, R. M.; BUCURICA, I. A.; STANESCU, S. G.; IONESCU, C. A.; BANICA, A. L. Comprehensive Assessment of Tailing Dumps' Impact on Water Quality of Rivers, Lakes, and Wells from Mining Areas. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(22), 1-25. 2022.

NOZADI, S. S.; LI, L.; LUO, L.; MACKENZIE, D.; ERDEI, E.; DU, R.; ROMAN, C.W.; HOOVER, J.; HOOVER, J.; O'DONALD, E.; BURNETTE, C.; LEWIS, J. Prenatal Metal

Exposures and Infants' Developmental Outcomes in a Navajo Population. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(1), 1-24. 2021.

OPSCHOOR, J. B.; TURNER, R. K. **Economic incentives and environmental policies**. Editora Kluwer Academic. 1994.

PONTES, O.M.; FIGUEIREDO, F. F. Conferências internacionais sobre meio ambiente e desenvolvimento sustentável: outro mundo é possível? **Holos**, 1(39), 1-31. 2023.

RIGOTTO, R. M. Contested Knowledges in the Environmental Conflict over Uranium and Phosphate Mining in Ceará – Brazil. **Vibrant**, 14(2), 1-21. 2017.

ROCK, T.; CAMPLAIN, R.; TEUFEL-SHONE, N. I.; INGRAM, J. C. Traditional Sheep Consumption by Navajo People in Cameron, Arizona. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 16(21), 1-13. 2019.

SALCITO, K.; SINGER, B. H.; KRIEGER, G. R.; WEISS, M. G.; WIELGA, M.; UTZINGER, J. Assessing corporate project impacts in changeable contexts: A human rights perspective. **Environmental Impact Assessment Review**, 47, 36-46. 2014.

SILVA, L. B. M.; ADOMILLI, G. K. Mulheres na pesca embarcada artesanal: apontamentos sobre educação, saberes e conflitos socioambientais. **Revista Educação & Formação**, 5(3), 1-21. 2020.

SIQUEIRA, I. dos S.; DIAS, T. S.; CAMARINHA NETO, G. F.; ALVES, M. A. M da S. A construção discursiva sobre o conceito de desenvolvimento sustentável. **Nova Revista Amazônica**, 8(1), 191-203. 2020.

SOUZA, L. R. C.; Milanez, B. Conflitos Socioambientais, Ecologia Política e Justiça Ambiental: Contribuições para uma Análise Crítica. **Revista Perspectiva Geográfica-Marechal Cândido Rondon**, 11(14), 2-12. 2016.

VAKKAYIL, J. Indigenous people and regional resource rights: insights from three mining regimes in northeastern India. **Regional Studies**, 57(3), 434-446. 2022.

VIEIRA, M. R. M.; CAMPELO JUNIOR, M. V.; ZANON, A. M. Desenvolvimento sustentável e crise ambiental: novos percursos da ecologia política. **Revista Sapiência**, 10(2), 1-17. 2021.

ZHANG, Z.; TANG, Z.; LIU, Y.; HE, H.; GUO, Z.; FENG, P.; CHEN, L.; SUI, Q. Study on the Ecotoxic Effects of Uranium and Heavy Metal Elements in Soils of a Uranium Mining Area in Northern Guangdong. **Toxics**, 11(2), 1-15. 2023.

ZHOURI, A.; LASCHEFSKI, K. Desenvolvimento e conflitos ambientais: um novo campo de investigação. In: Zhouri, A, & Laschefski, K. (Orgs.). **Desenvolvimento e conflitos ambientais** (pp. 1-13). Editora UFMG. 2010.

ZHOURI, A.; VALENCIO, N.; OLIVEIRA, R.; ZUCARELLI, M.; LASCHEFSKI, K.; SANTOS, A. F. O desastre da Samarco e a política das afetações: classificações e ações que produzem o sofrimento social. **Ciência e Cultura**, 68(3), 36-40. 2016.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint: reducing Human Impact on the Earth**. Gabrola Island: New Catalyst Books. 1996.

YI, L.; GAO, B.; LIU, H.; ZHANG, Y.; DU, C.; LI, Y. Characteristics and Assessment of Toxic Metal Contamination in Surface Water and Sediments Near a Uranium Mining Area. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17(2), 1-13. 2020.

## 1.2 UM OLHAR SOBRE AS NORMAS RELATIVAS À SEGURANÇA DAS FONTES RADIOATIVAS, RADIOPROTEÇÃO E AOS REJEITOS DA EXPLORAÇÃO DE ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

O seguinte artigo atende o formato da revista Estudos Geográficos – ISSN 1678-698X, a qual será submetido.

# UM OLHAR SOBRE AS NORMAS RELATIVAS À SEGURANÇA DAS FONTES RADIOATIVAS, RADIOPROTEÇÃO E AOS REJEITOS DA EXPLORAÇÃO DE ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

A produção de energia nuclear apresenta riscos provenientes dos acidentes com as fontes radioativas e com os seus resíduos radioativos. Diante disso, levantou-se a hipótese de que as normas no Brasil não garantem a proteção integral à saúde humana e ambiental. Assim, objetivou-se buscar normativas legais relacionadas, analisá-las e discuti-las, por meio do método exploratório, com o uso de estratégias de pesquisa documental e bibliográfica. Foram analisadas três normas que se relacionam com os acidentes ocorridos no país. Verificou-se um processo de transição regulatória que, no Brasil, busca-se adequar os requisitos normativos aos métodos da comunidade internacional. Porém, ainda apresenta fragilidades quanto à demora na evolução e falta de fiscalização eficaz. Conclui-se que sejam feitas revisões nas normas continuamente e aumente-se a inspeção nas instalações. O desconhecimento ou o despreparo dos indivíduos podem potencializar os riscos que envolvem consequências a todo o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Segurança nuclear; Mineração de urânio; Proteção radiológica; Riscos radioativos.

## A LOOK AT THE RULES ON THE SAFETY OF RADIOACTIVE SOURCES, RADIOPROTECTION AND WASTE FROM NUCLEAR ENERGY EXPLORATION IN BRAZIL

The production of nuclear energy poses risks from accidents involving radioactive sources and radioactive waste. In view of this, the hypothesis was raised that the rules in Brazil do not guarantee full protection for human and environmental health. The aim was therefore to search for related legal regulations, analyze and discuss them using the exploratory method, with the use of documentary and bibliographic research strategies. Three regulations related to accidents in the country were analyzed. A process of regulatory transition was observed, in which Brazil is trying to adapt its normative requirements to the methods of the international community. However, there are still weaknesses in terms of the delay in progress and the lack of effective supervision. The conclusion is that the standards should be continually revised and inspections of installations should be increased. The lack of knowledge or preparedness of individuals can increase the risk of consequences for the entire environment.

**Keywords:** Nuclear security; Uranium mining; Radiological protection; Radioactive risks.

## INTRODUÇÃO

O aumento da população, prevista para cerca de 10 bilhões em 2050 (Organização das Nações Unidas - ONU, 2019) e o incremento das atividades humanas, cuja taxa de crescimento foi 3,6% em 2023 (Fundo Monetário Internacional - FMI, 2023), impactam diretamente a demanda energética, cujo crescimento mundial foi de 3,4% em 2023 (Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2023). No que tange à produção de CO<sub>2</sub>, esta foi da ordem de 36,83 *gigatons* (Gt) em 2023, estimando-se um aumento da temperatura média do planeta de 1,5°C até 2035 (International Energy Agency - IEA, 2023). Nesse sentido, a necessidade de aumento da produção e a busca por fontes alternativas levaram alguns estudiosos a endossarem que a energia nuclear é uma fonte promissora por diminuir a emissão de CO<sub>2</sub>, promovendo assim uma solução para a mitigação das alterações climáticas (Said; Mbrarek, 2016; Lee *et al.*, 2017; Lau *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2018). No entanto, a energia nuclear não se configura como alternativa viável, devido aos riscos provenientes de acidentes nucleares e de problemas quanto à gestão dos resíduos radioativos, representando uma ameaça social e ambiental significativa (Jin; Kim, 2018; Prävālie; Bandoc, 2018; Aydin, 2020; Mahmood *et al.*, 2020).

Praticamente, todas as atividades nucleares que envolvem a produção de energia têm urânio (símbolo químico U) como material em comum. Trata-se de um metal descoberto na Alemanha em 1789 e corresponde ao último elemento natural da tabela periódica, no qual possui o núcleo atômico mais pesado existente na natureza. É radioativo e tóxico, por isso apresenta características que trazem riscos graves ao meio ambiente e à saúde humana. O urânio é um minério relativamente comum, o qual se distribui sobre toda a crosta terrestre e aparece como constituinte da maioria das rochas. Segundo as Indústrias Nucleares do Brasil (INB) para que as reservas desse minério sejam consideradas economicamente atrativas, é necessário avaliar a sua proporção presente, bem como as alternativas tecnológicas utilizadas em seu aproveitamento. Assim, a mineração é a única forma para a obtenção desse recurso (Heider, 2008; INB, 2020; World Nuclear Association, 2020; IBM, 2022).

No Brasil, os recursos de urânio são da ordem de 232.813 toneladas de urânio contido (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), distribuídas principalmente na Bahia, Ceará, Paraná e Minas Gerais (INB, 2024). Atualmente, apesar de somente a mina em Caetité (BA) estar em atividade, ela já possui volume suficiente para abastecer o complexo nuclear de Angra I, II e III por 100 anos (Lima; Silva Filho, 2021). Estima-se que esses recursos sejam maiores, pois ainda faltam estudos de prospecção em muitas partes do país. Atualmente foi identificado na região Norte, incluindo a região amazônica, um grande potencial para abrigar o mineral (INB, 2024).

No Brasil, existem duas usinas nucleares em operação: Angra I e Angra II, situadas na cidade de Angra dos Reis, RJ, constando uma terceira unidade em fase de construção. Essas unidades são responsáveis por produzir 1.990 *megawatts* - cerca de 1,3% da energia consumida no país (EPE, 2023). Embora ainda represente uma pequena porção da matriz energética, a fonte nuclear é concebida como uma alternativa viável frente as previsões de expansão do consumo brasileiro, sobretudo pela grande quantidade de minério, já que o país possui atualmente a sétima maior reserva de urânio do mundo, com 291.500 toneladas conhecidas, quantidade que equivale a 5% das reservas mundiais (Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares - ABDAN, 2024).

Apesar da importância para o atendimento da demanda energética brasileira, com crescimento previsto em 3,4% ao ano no período de 2022 a 2026, a fonte

nuclear remanesce com uma das alternativas menos exploradas no país, sobretudo pelas dificuldades associadas à gestão da segurança das operações, ao gerenciamento de resíduos e mensuração e controle das despesas (Elhegazy; Kamal, 2022). Além do que, neste cenário, existe um histórico mundial de desastres e impactos ambientais. Os casos ocorridos nas usinas de Three Mile Island (1979), nos Estados Unidos; em Chernobyl (1986), na antiga União Soviética; em Fukushima (2011), no Japão e o acidente radiológico com o Césio-137 no Brasil, em Goiânia (1987), revelam-se grandes exemplos da irresponsabilidade com o poder da radiação nuclear. Estes causaram danos ao meio ambiente, à população e à economia local, com mortes, perdas inestimáveis e complicações de saúde (Farias; Sellitto, 2011; Cunha; Anjos, 2015).

O setor da mineração no país destacou-se em debates sobre a transição energética e desenvolvimento sustentável (Serviço Geológico do Brasil - SGB, 2024). Após os desastres ambientais em Mariana, MG (2015) e Brumadinho, MG (2019), órgãos governamentais adotaram novos padrões a serem aplicados à atividade minerária. Desde então, houve um movimento de atualização de princípios, procedimentos e práticas do setor, a fim de torná-lo mais responsável com as pautas sociais e ambientais (Fonseca, 2023). Segundo a Agência Internacional de Energia, estima-se que, para atender às novas tecnologias referentes à transição energética e à descarbonização da economia, certos minerais como o cobalto, terras raras, níquel, cobre e lítio sofrerão aumentos significativos em suas demandas (IEA, 2021).

Entretanto, para que as metas sociais, ambientais e econômicas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) sejam alcançadas, é necessário discutir as normas legais que permitam que os propósitos sejam postos em prática no setor. A mineração, por ser uma importante atividade para a economia do país, representa um campo altamente regulado pelo Estado, que por sua vez atua para alinhá-la aos interesses públicos. Portanto, para que ela efetue o interesse público, ela não pode limitar-se a questões estritamente econômicas, mas responsabilizar-se de valores relevantes, como a proteção ao meio ambiente, o bem-estar das comunidades próximas, o trabalho digno, a exploração racional dos recursos não-renováveis e o desenvolvimento sustentável (Trindade; Botelho, 2023).

Desta forma, sobre a situação da energia nuclear no Brasil e os seus possíveis riscos, baseado na depredação da natureza e no baixo retorno social para as comunidades que são por ela atingidas, em suas áreas de desenvolvimento, levanta-se a hipótese de que as normas nacionais sobre a exploração de urânio e a produção de energia nuclear não garantem a proteção integral à saúde humana e ambiental. Para isso, o objetivo do presente artigo é buscar normativas legais no Brasil, analisá-las e discuti-las.

## MEDOTOLOGIA

Adotou-se na presente pesquisa o método exploratório para a obtenção de dados, por meio de pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica permite ao pesquisador conhecer e mapear o que foi estudado sobre o assunto de forma ampla, evidenciando dados estáveis e historicamente delimitados sobre o tema investigado (Fonseca, 2002). Conforme Oliveira *et al.*, (2020), a pesquisa bibliográfica pode ser organizada por meio de estratégias metodológicas denominadas de revisão da literatura ou revisões sistemáticas de investigações qualitativas. Já a pesquisa documental, apesar de semelhante, se difere

essencialmente na natureza das fontes, que supõem materiais que ainda não passaram por um tratamento analítico; ou que ainda podem ser reelaborados conforme os objetos da pesquisa. Serão utilizadas as normas brasileiras pertinentes à questão da energia nuclear no Brasil, classificadas como fontes primárias, ou seja, que correspondem aos documentos originais, contemporâneos ao evento ou período a que se refere a pesquisa (Gil, 2002, 2019). Neste sentido, os autores Salge *et al.* (2021) ressaltam a importância dos documentos, visto que proporcionam mais visões do problema inerente à pesquisa.

A metodologia utilizada neste estudo se dividiu em quatro etapas:

- Etapa 1: Levantamento das normas de segurança em vigor elaboradas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) (pesquisa documental);
- Etapa 2: Levantamento de episódios ocorridos no Brasil que colocaram a integridade das instalações, a proteção aos trabalhadores, ao público em geral e ao meio ambiente em risco (pesquisa bibliográfica);
- Etapa 3: Identificação dos grupos das normas que se relacionam com os episódios encontrados;
- Etapa 4: Análise das normas e discussão baseada em estudos científicos com relação aos possíveis impactos gerados, justificados pelos episódios ocorridos no país, e sugestão de atualizações.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### NORMAS DE SEGURANÇA EM VIGOR ELABORADAS PELA COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

O órgão responsável pela segurança do uso da energia nuclear no Brasil é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia atuante no controle das atividades nucleares, gerenciando o licenciamento e o controle de instalações nucleares e radioativas, nas áreas médica, industrial, de pesquisa e geração de eletricidade. Dentre suas principais funções, destaca-se a edição de normas que visam à operacionalização dos procedimentos que asseguram a segurança das instalações nucleares (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN, 2024a). Desta forma no levantamento realizado foram encontradas 70 delas em vigor, distribuídas em nove grupos, conforme o Quadro 1. As normas destacadas na cor azul estão no momento (fevereiro de 2024) em revisão pelo grupo redator ou pela comissão de estudos da CNEN, exceto a norma destacada em vermelho, que sua revisão se encontra temporariamente suspensa em função da Lei nº 14.514, de 29 de dezembro de 2022. O grupo redator está avaliando o impacto da referida Lei na Norma CNEN NE 1.13 (CNEN, 2024b).

As normas em vigor levantadas estão divididas da seguinte forma: o grupo 1 - *Instalações nucleares* possui 21 Resoluções e três Portarias; o grupo 2 - *Controle de materiais nucleares, proteção física e proteção contra incêndio* possui seis Resoluções; o grupo 3 - *Proteção radiológica* possui quatro Resoluções; o grupo 4 - *Materiais, minérios e minerais nucleares* possui seis Resoluções e uma Portaria; o grupo 5 - *Transporte de materiais radioativos* possui três Resoluções e duas Portarias; o grupo 6 - *Instalações radiativas* possui 13 Resoluções; o grupo 7 - *Certificação e registro de pessoas* possui cinco Resoluções; o grupo 8 - *Rejeitos Radioativos* possui quatro Resoluções e o grupo 9 - *Descomissionamento* possui duas Resoluções.

Quadro 1: Normas regulatórias da CNEN em vigor (onde: NE: Norma Experimental; NN: Norma Nuclear)

<b>Normas em vigor</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Norma</b>	<b>Data da publicação</b>
1- Instalações nucleares	NN 1.01 Licenciamento de Operadores de Reatores Nucleares (Resolução CNEN 170/14)	07 de maio de 2014
	NE 1.02 Critérios Gerais de Projeto para Usinas de Reprocessamento de Combustíveis Nucleares (Resolução CNEN 3A/79)	27 de junho de 1979
	NE 1.04 Licenciamento de Instalações Nucleares (Resolução CNEN 324/24)	04 de abril de 2024
	NE 1.06 Requisitos de Saúde para Operadores de Reatores Nucleares (Resolução CNEN 03/80)	17 de junho de 1980
	NE 1.08 Modelo Padrão para Relatório de Análise de Segurança de Usinas de Reprocessamento de Combustíveis Nucleares (Resolução CNEN 16/79)	04 de fevereiro de 1980
	NE 1.09 Modelo Padrão para Relatório de Análise de Segurança de Fábricas de Elementos Combustíveis (Resolução CNEN 06/80)	14 de novembro de 1980
	NE 1.10 Segurança de Sistemas de Barragem de Rejeitos Contendo Radionuclídeos (Resolução CNEN 07/80)	14 de novembro de 1980
	NE 1.11 Modelo Padrão para Relatório de Análise de Segurança de Usinas de Produção de Hexafluoreto de Urânio Natural (Resolução CNEN 178/14)	10 de dezembro de 2014
	NE 1.13 Licenciamento de Minas e Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e/ou Tório (Portaria CNEN DEX 03/89)	08 de agosto de 1989
	NN 1.14 Relatórios de Operação de Usinas Nucleoelétricas (Resolução CNEN 16/01)	10 de janeiro de 2002
	NN 1.16 Garantia da Qualidade para a Segurança de Usinas Nucleoelétricas e Outras Instalações (Portaria CNEN 17/00)	03 de abril de 2000
	NN 1.17 Qualificação de Pessoal e Certificação para Ensaaios Não-destrutivos em Itens de Instalações Nucleares (Resolução CNEN 118/11)	01 de dezembro de 2011
	NE 1.18 Conservação Preventiva em Usinas Nucleoelétricas (Resolução CNEN 09/85)	04 de setembro de 1985
	NE 1.19 Qualificação de Programas de Cálculo para Análise de Acidentes de Perda de Refrigerante em Reatores a Água Pressurizada (Resolução CNEN 11/85)	11 de novembro de 1985
NE 1.20 Aceitação de Sistemas de Resfriamento de Emergência do Núcleo de Reatores a Água Leve (Resolução CNEN 12/85)	11 de novembro de 1985	

	NE 1.21 Manutenção de Usinas Nucleoelétricas (Resolução CNEN 03/91)	28 de agosto de 1991
	NE 1.22 Programas de Meteorologia de Apoio de Usinas Nucleoelétricas (Portaria CNEN DEx-I 04/89)	08 de agosto de 1989
	NE 1.24 Uso de Portos, Baías e Águas sob Jurisdição Nacional por Navios Nucleares (Resolução CNEN 04/91)	16 de dezembro de 1991
	NE 1.25 Inspeção em Serviço em Usinas Nucleoelétricas (Resolução CNEN 13/96)	27 de setembro de 1996
	NE 1.26 Segurança na Operação de Usinas Nucleoelétricas (Resolução CNEN 04/97)	16 de outubro de 1997
	NE 1.27 Garantia da Qualidade na Aquisição, Projeto e Fabricação de Elementos Combustíveis (Resolução CNEN 15/99)	21 de setembro de 1999
	NE 1.28 Qualificação e Atuação de Órgãos de Supervisão Técnica Independente em Usinas Nucleoelétricas e Outras Instalações (Resolução CNEN 15/99)	11 de outubro de 1999
	Normas para Escolha de Locais para Instalação de Reatores de Potência (Resolução CNEN 09/69)	31 de julho de 1969
	Crítérios de obrigação ou dispensa de garantia financeira de responsabilidade por danos nucleares (Resolução CNEN 169/14)	16 de maio de 2014
2 - Controle de materiais nucleares, proteção física e proteção contra incêndio	NE 2.01 - Proteção Física de Unidades Operacionais da Área Nuclear (Resolução CNEN 253/19)	13 de novembro de 2019
	NN 2.01 Proteção Física de Materiais e Instalações Nucleares (Resolução CNEN 253/19)	26 de novembro de 2019
	NN 2.02 Controle de Materiais Nucleares (Resolução CNEN 11/99)	21 de setembro de 1999
	NN 2.03 Proteção contra Incêndio em Usinas Nucleoelétricas (Resolução CNEN 13/99)	21 de setembro de 1999
	NE 2.04 Proteção contra Incêndio em Instalações Nucleares do Ciclo do Combustível (Resolução CNEN 03/97)	16 de outubro de 1997
	NN 2.06 Proteção Física de Fontes Radioativas e Instalações Radiativas Associadas (Resolução CNEN 254/19)	13 de novembro de 2019
3 - Proteção radiológica	NN 3.01 Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica (Resolução CNEN 164/14)	11 de março de 2014
	NE 3.02 Serviços de Radioproteção (Resolução CNEN 231/18)	17 de setembro de 2018
	NN 3.05 Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear (Resolução CNEN 159/13)	17 de dezembro de 2013
	NN 7.01 Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica (Resolução CNEN 259/20)	02 de março de 2020

4 - Materiais, minérios e minerais nucleares	NN 4.01 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Instalações Mínero-Industriais (Resolução CNEN 208/16)	26 de dezembro de 2016
	Fixa normas [...] no que se referem aos minerais, minérios nucleares e de interesse para a energia nuclear (Resolução CNEN 03/65)	13 de maio de 1965
	Define regras para o exportador de minerais ou minérios que contenham elementos nucleares (Resolução CNEN 04/69)	13 de março de 1969
	Esclarece a regra para o exportador (na Resolução 04/69), caso não seja possível a aquisição no mercado externo (Resolução CNEN 08/77)	29 de setembro de 1977
	Estabelece critérios de dispensa de requisitos para exportadores (Resolução CNEN 18/88)	16 de setembro de 1988
	Define regras para a importação de produtos à base de lítio (Portaria CNEN 279/97)	09 de dezembro de 1997
	Uso do fosfogesso na agricultura e na indústria cimenteira (Resolução CNEN 179/14)	10 de dezembro de 2014
5 - Transporte de materiais radioativos	NE 5.02 Transporte, Recebimento, Armazenagem e Manuseio de Elementos Combustíveis de Usinas Nucleoelétricas (Portaria CNEN/PR 08/03)	17 de fevereiro de 2003
	NE 5.03 Transporte, Recebimento, Armazenagem e Manuseio de Itens de Usinas Nucleoelétricas (Portaria CNEN/DEI 02/89)	02 de fevereiro de 1989
	NN 5.01 Regulamento para o Transporte Seguro de Materiais Radioativos (Resolução CNEN 271/21)	11 de março de 2021
	NN 5.04 Rastreamento de Veículos de Transporte de Materiais Radioativos (Resolução CNEN 148/13)	25 de março de 2013
	NN 5.05 Requisitos de Projeto e de Ensaio para Certificação de Materiais Radioativos, Embalagens e Volumes (Resolução CNEN 272/21)	09 de março de 2021
6 - Instalações radiativas	NN 3.05 Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear (Resolução CNEN 159/13)	17 de dezembro de 2013
	NN 6.01 Requisitos para o Registro de Pessoas Físicas para o Preparo, Uso e Manuseio Fontes Radioativas (Resolução CNEN 005/99)	01 de março de 1999
	NN 6.02 Licenciamento de Instalações Radiativas (Resolução CNEN 293/22)	31 de março de 2022
	NN 6.04 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Radiografia Industrial (Resolução CNEN 145/13)	25 de março de 2013
	NE 6.06 Seleção e Escolha de Locais para Depósitos de Rejeitos Radioativos	24 de janeiro de 1990

	(Resolução CNEN 014/89)	
	NN 6.07 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Perfuração de Poços (Resolução CNEN 252/19)	13 de novembro de 2019
	NN 6.09 Critérios de Aceitação para Deposição de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (Resolução CNEN 012/02)	23 de setembro de 2002
	NN 6.10 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Radioterapia (Resolução CNEN 277/21)	09 de agosto de 2021
	NN 6.11 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica em Instalações Produtoras de Radioisótopos com Aceleradores Cíclotrons (Resolução CNEN 267/20)	16 de outubro de 2020
	NN 6.12 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Radioterapia e Medicina Nuclear Veterinária (Resolução CNEN 291/22)	08 de março de 2022
	NN 6.13 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica em Instalações de Radiofarmácias centralizadas e industriais (Resolução CNEN 299/22)	09 de dezembro de 2022
	NN 6.14 Requisitos de Radioproteção e Segurança Radiológica na Obtenção de Imagens Humanas para Fins de Segurança Pública (Resolução CNEN 315/23)	12 de setembro de 2023
	NN 6.16 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Irradiadores de Sangue e Hemocomponentes (Resolução CNEN 318/23)	03 de janeiro de 2024
7 - Certificação e registro de pessoas	NN 1.01 Licenciamento de Operadores de Reatores Nucleares (Resolução CNEN 170/14)	07 de maio de 2014
	NN 1.17 Qualificação de Pessoal e Certificação para Ensaios Não-destrutivos em Itens de Instalações Nucleares (Resolução CNEN 118/11)	01 de dezembro de 2011
	NN 6.01 Requisitos para o Registro de Pessoas Físicas para o Preparo, Uso e Manuseio Fontes Radioativas (Resolução CNEN 005/99)	01 de março de 1999
	NN 7.01 Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica (Resolução CNEN 259/20)	02 de março de 2020
	NN 7.02 Registro de Operadores de Radiografia Industrial (Resolução CNEN 144/13)	25 de março de 2013
8 - Rejeitos Radioativos	NN 8.01 Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (Resolução CNEN 167/14)	15 de maio de 2014
	NN 8.02 Licenciamento de Depósitos de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (Resolução 168/14)	14 de maio de 2014
	Pára-raios com material radioativo (Resolução CNEN 04/89)	09 de maio de 1989

	Requisitos para instalações obterem registro para atividades de limpeza e acondicionamento de rejeitos contendo radionuclídeos de ocorrência natural da área de exploração e produção de óleo e gás (Resolução CNEN 288/21)	22 de dezembro de 2021
9 - Descomissionamento	NN 9.01 Descomissionamento de Usinas Nucleoelétricas (Resolução CNEN 133/12)	21 de novembro de 2012
	NN 9.02 Gestão dos Recursos Financeiros Destinados ao Descomissionamento de Usinas Nucleoelétricas (Resolução CNEN 204/16)	26 de outubro de 2016

Fonte: Adaptado de CNEN, 2024b.

## EPISÓDIOS OCORRIDOS NO BRASIL QUE COLOCARAM A INTEGRIDADE DAS INSTALAÇÕES, A PROTEÇÃO AOS TRABALHADORES, AO PÚBLICO EM GERAL E AO MEIO AMBIENTE EM RISCO

Para fins de referência na análise das normas, utilizou-se como base os eventos ocorridos na história do Brasil ocasionados pela gestão inadequada no setor nuclear (Quadro 2), ordenados cronologicamente.

Quadro 2: Principais episódios ocorridos na história nuclear brasileira

Instalação	Local	Ano	Acidente
INB	Resende, RJ	2023	Ocorreu na Unidade de Enriquecimento de urânio na Fábrica de Elementos Combustíveis da INB o rompimento de um equipamento, de onde vazou um gás (UF <sub>6</sub> ), que ao reagir com a umidade do ar produz ácido fluorídrico, um gás incolor, altamente corrosivo. A INB, como costume, amenizou o caso, declarando ser uma quantidade ínfima, sem atingir o meio ambiente.
INB	Caldas, MG	2023	Barragens da Unidade em Descomissionamento em Caldas, MG foram declaradas em estado de emergência Nível 1, pelo perigo de rompimento.
AMG Mineração S.A	Nazareno, MG	2023	Desaparecimento de duas fontes de Césio-137 da mineradora em Minas Gerais, que foram encontradas em uma empresa de sucatas na capital paulista.
INB	Resende, RJ	2023	Desaparecimento de duas cápsulas, contendo gás hexafluoreto de urânio enriquecido (UF <sub>6</sub> ) na Fábrica de Combustível Nuclear em Resende. Até hoje segue desconhecido o paradeiro do urânio à deriva.
R2 Soluções em Radiofarmácia	Duque de Caxias, RJ	2023	Dois pacotes com fontes radioativas (radiofármacos com o radioisótopo Flúor-18) foram roubados de um veículo que seguia da empresa R2 Soluções em Radiofarmácia, sediada em Duque de Caxias, para entrega em centros médicos em São Paulo. Os pacotes roubados não foram recuperados.
Usina Nuclear de Angra I	Angra dos Reis, RJ	2022	Vazamento de dezenas de litros de água contaminada proveniente do Sistema Primário da Usina Nuclear de Angra 1.

Hospital São Francisco na Providência de Deus	Rio de Janeiro, RJ	2011	Uma criança de sete anos com um tipo raro de leucemia morreu após sessões de radioterapia, onde recebeu altas doses de radiação.
INB	Caetité, BA	2010	O Instituto de Gestão das Águas e Clima e a Secretaria da Saúde do Estado da Bahia identificaram mais três pontos contaminados por radioatividade acima dos limites permitidos pelo Ministério da Saúde: um poço no povoado de Barreiro, que abastecia cerca de 30 famílias e dois poços dentro da área da INB.
INB	Caetité, BA	2010	Rompimento de uma tubulação, levando 900 litros de licor de urânio para o solo, na área de extração e beneficiamento.
INB	Caetité, BA	2009	Moradores do entorno da mina afirmaram ter ouvido forte estrondo por volta das 20h da noite e suspeitam ter havido na ocasião algum tipo de desmoronamento ou acomodação do subsolo. Segundo as denúncias, teria levado a INB a suspender suas atividades e enviar os funcionários para casa
INB	Caetité, BA	2009	Vazamento nas dependências da URA- INB, de cerca de 30 mil litros de licor de urânio, com transbordamento de material radioativo.
INB	Caetité, BA	2008	A organização Greenpeace realizou testes independentes nos poços d'água para consumo humano e verificou-se a contaminação em poços localizados a 20 km da área da mineração, área de influência direta da mina.
INB	Caetité, BA	2008	Houve denúncias de vazamentos dos tanques de lixiviação.
INB	Caetité, BA	2006	Ventila-se que teria havido o rompimento em uma das mantas da bacia de licor uranífero, com paralisação de atividades por cerca de 60 dias.
INB	Resende, RJ	2004	Vazamento de composto de urânio contaminou 4 funcionários.
INB	Caetité, BA	2004	Efluentes com concentração de materiais radioativos transbordaram mais de 7 vezes para o meio ambiente.
Poesi	Rio de Janeiro, RJ	2004	Empresa saqueada e furto de fontes radioativas (xenônio-85) desconhecidas da CNEN. Uma das fontes nunca foi encontrada.
INB	Caetité, BA	2004	Trabalhador é contaminado com <i>yellow cake</i> durante operação de desentupimento de equipamentos da unidade de beneficiamento de urânio.
IBRAS	Campinas, SP	2003	Instalação de irradiação de materiais óticos cirúrgicos é fechada e material radioativo (cobalto-60) fica desprotegido.
Techion	Manaus, AM	2003	Instalação de irradiação de alimentos é fechada e material radioativo (cobalto-60) fica desprotegido.
Hosp. A. Maltez	Salvador, BA	2002	Construção de pavimento acima da sala do acelerador de elétrons sem autorização e com possível irradiação dos operários.
Cia Sid. De Tubarão	Serra, ES	2002	Fontes radioativas de césio-37 e de nêutrons foram furtadas e encontradas posteriormente em um terreno baldio.
Hosp. Base	Brasília, DF	2002	Equipamentos de radioterapia irregulares que causavam a exposição de pacientes a doses de radiação diferentes das recomendadas.

Angra I	Angra dos Reis, RJ	2001	Vazamento de 22000 litros de água radioativa.
INB	Resende, RJ	2001	Vazamento de hexafluoreto de urânio por falha na válvula do sistema de alimentação.
INB	Caetité, BA	2000	Vazamento de 5000 m <sup>3</sup> de licor de urânio, mantido em segredo.
Santa Casa	Belo Horizonte, MG	1999	Fonte radioativa de césio-137 esquecida no útero de uma paciente.
Hospital Luxemburgo	Belo Horizonte, MG	1999	Duas fontes radioativas de césio-137 são perdidas e nunca encontradas.
INB	São Paulo, SP	Até 1994	Trabalhadores da instalação sofrem contaminação crônica por urânio e tório, gerando casos de silicose e câncer.
IGR	Goiânia, GO	1987	Clínica de radioterapia abandona uma bomba de césio-137, resultando em mortes, contaminações e fortes traumas na população da cidade.

Fonte: Brasil, 2007; Lisboa *et al.*, 2011; Fagundes *et al.*, 2018; Instituto de Engenharia Nuclear - IEN, 2023; CNEN, 2023; Costa, 2023.

Importante destacar que toda a discussão regulamentar e normativa no cenário nuclear do país foi desencadeada pelo histórico episódio considerado o pior desastre radioativo do mundo ocorrido fora de usinas nucleares, no município de Goiânia, capital do estado de Goiás. O evento destacou a vulnerabilidade do Brasil a incidentes radiológicos e revelou lacunas significativas, tanto nas políticas públicas quanto na educação e treinamento em segurança radiológica (Ribeiro; Galvão, 2023) e não pode ser esquecido.

A tragédia iniciou-se em setembro de 1987, a partir da violação de uma fonte de Césio-137 altamente radioativa, lançada no meio ambiente, gerando a contaminação de diversos locais. O acidente ocorreu em consequência a uma sequência de erros, como o abandono de um irradiador utilizado no serviço de radioterapia de um hospital local, que continha a cápsula de cloreto de Césio-137 e devido à falta de informação dos moradores locais, que repassaram o material a diversos outros indivíduos, contaminando silenciosamente mais de mil pessoas e o meio ambiente. O pó encapsulado, que emitia uma intensa luminosidade azul, foi levado pela chuva e carregado pelo vento, contaminou o solo, a água, alimentos e animais. Das pessoas atingidas, quarenta e nove foram hospitalizadas com sintomas graves e, após um tratamento intensivo, quatro óbitos foram registrados (Rocha, 2008; Silva; Razuck; 2018).

Além disso, somente após quinze dias a CNEN foi informada sobre o ocorrido, que por sua vez notificou a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Foi desenvolvido um plano de emergência, com a participação da própria CNEN e outras instituições, incluindo o Instituto de Proteção Radiológica e Dosimetria (IRD). Esse acidente é considerado pela AIEA o pior evento com fontes radioativas, sendo o responsável pela implementação de publicação periódica de trabalhos da AIEA, com detalhes descritos de todos os acidentes e as lições identificadas neles, de acesso público. É classificado na Escala Internacional de Acidentes Nucleares e Radiológicos (INES, na sigla em inglês) como nível cinco (acidente com consequências de longo alcance), o único acidente radiológico fora de instalações nucleares com essa classificação (Jansen; Razuck, 2020, Oliveira *et al.*, 2020a).

De acordo com o Quadro 2, os eventos caracterizaram-se, principalmente, pelos

riscos associados:

- i. à exposição de trabalhadores à radiação durante o processo de produção;
- ii. à falta de segurança nas instalações, com os casos de desaparecimento e furtos dos materiais;
- iii. ao descarte e formas de armazenamento dos rejeitos radioativos.

Dessa forma, o recorte do estudo compreendeu as normas que exploram esses temas, presentes nos grupos: 3 – Proteção radiológica; 2 - Controle de materiais nucleares, proteção física e proteção contra incêndio e 8 - Rejeitos Radioativos, respectivamente.

## ANÁLISE DAS NORMAS COM RELAÇÃO À PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

A CNEN considera que as altas doses de radiação ionizante danificam o tecido humano. Durante anos acumulou-se muitas informações sobre os efeitos maléficos da radiação ionizante e, conseqüentemente, sobre a necessidade de regulamentar a exposição de indivíduos, bem como de aprimorar as técnicas empregadas pelo uso de colimadores, filtros, blindagens para atenuação, entre outros (CNEN, 2006). Entretanto, mais recentemente, estudos epidemiológicos realizados em indivíduos expostos à radiação médica durante a infância sugeriram que o risco de câncer pode aumentar mesmo em doses mais baixas (entre 50-100 mSv) (World Health Organization - WHO, 2023).

Nesse sentido, o Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR, na sigla em inglês) afirma que não existe uma dose segura de exposição à radiação sob o ponto de vista genético, sendo que qualquer exposição à radiação pode envolver algum risco de indução de efeitos hereditários e somáticos (Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO, 2022). Portanto, a tendência mundial é adotar limites de dose cada vez mais restritivos. Pondera-se, por prudência, que qualquer dose de radiação está associada a uma probabilidade de ocorrência de efeitos nocivos à saúde, não importando quão baixa ela seja (CNEN, 2006).

O Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2023) informa que as fontes da radiação ionizante não naturais ou produzidas pelo homem são comumente encontradas nos cuidados em saúde (raios-x, tomografia computadorizada e radioterapia) e na geração de energia (usinas nucleares). Portanto, estão expostos a diferentes intensidades de radiação os trabalhadores da indústria nuclear ou em torno de equipamentos que emitem radiação, de minas subterrâneas e toda a população, que de certa forma tem contato. Os principais efeitos à saúde são agudos e crônicos:

Efeitos agudos: náuseas, fraqueza, perda de cabelo, queimaduras na pele ou diminuição da função orgânica.

Efeitos crônicos: alterações no DNA e doenças como o câncer. A associação e a causalidade com o câncer já foram observadas (Quadro 3).

Quadro 3: Relação entre a exposição às fontes de radiação e o desenvolvimento de câncer em humanos

Tipo de radiação	Câncer
Raio X e Raios Gama	Glândula salivar, esôfago, estômago, cólon, pulmão, ossos, mama, bexiga, rim, pele, cérebro e sistema nervoso central (SNC), tireoide e leucemia.

Partículas alfa	Pulmão e leucemia.
Partículas Beta	Tireoide, leucemia, glândula salivar, osso e sarcoma.

Fonte: INCA, 2023.

Recomenda-se, portanto, um correto planejamento das atividades que são desenvolvidas em ambientes de trabalho, de forma a diminuir as doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições acidentais (INCA, 2023). Dessa maneira, a norma da CNEN NN 3.01 estabelece os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante e apresenta a seguinte definição para proteção radiológica: “O conjunto de medidas que visam a proteger o ser humano e seus descendentes contra possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante” (CNEN, 2014).

Esta norma adota três princípios básicos de radioproteção, propostos pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (sigla do inglês: ICRP):

- a) *Princípio da Justificação*: toda e qualquer exposição à radiação ionizante deve ser justificada de forma que o benefício compense os efeitos nocivos à saúde do indivíduo exposto ou à sociedade. Ou seja, o benefício gerado pelo uso da radiação ionizante tem que ser maior que os danos causados por sua aplicação. Neste princípio, as situações a seguir, com exceção das práticas com exposições médicas justificadas, são proibidas de aplicação da radiação:
  - i. Práticas que envolvam alimentos, bebidas, cosméticos ou quaisquer outras mercadorias ou produtos destinados a ingestão, inalação, incorporação percutânea ou aplicação do ser humano;
  - ii. Práticas que envolvam o uso frívolo da radiação ou substâncias radioativas em mercadorias ou produtos, estando incluído brinquedos, objetos de joalheria ou de adorno pessoal;
  - iii. Exposições de pessoas para fins de demonstração ou treinamento (CNEN, 2014).
  
- b) *Princípio da Otimização*: propõe preservar a segurança e a saúde dos indivíduos expostos à radiação ionizante em ambientes que utilizam a radiação, incluindo os pacientes, profissionais e o meio ambiente em geral. Assim, a proteção radiológica deve ser otimizada de modo que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições mantenham-se tão baixas quanto possa ser razoavelmente exequível, levando em consideração os fatores econômicos e sociais (CNEN, 2014).
  
- c) *Princípio da Limitação de dose individual*: a dose individual recebida por um indivíduo ocupacionalmente exposto e indivíduos do público em geral não deve exceder os limites de dose recomendados, exceto as exposições médicas necessárias. É definido que para os indivíduos sujeito à exposição ocupacional, a dose média anual não deve exceder 20 mSv (milésimos de Sievert, unidade que mede os efeitos biológicos da radiação) em qualquer período de cinco anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano (CNEN, 2014).

Resumidamente, a norma CNEN NN 3.01 apresenta regras que visam diminuir a probabilidade de ocorrência de acidentes dos profissionais e ações estratégicas para minimizar a exposição externa do usuário e evitar tanto a

contaminação como a incorporação de material radioativo, por inalação ou ingestão. Todo o esforço faz parte do desenvolvimento de um programa de proteção radiológica, em que toda a instituição deve assumir a responsabilidade com a segurança. Faz-se necessário um controle contínuo da manutenção dos equipamentos emissores de radiação, os comandos eletrônicos em perfeito funcionamento, o uso adequado por todos os trabalhadores dos equipamentos de proteção individual e coletiva, as fontes potenciais de exposição do público à radiação devem ser identificadas e precauções tomadas para evitar de acontecer, os treinamentos e a capacitação da equipe precisam estar em constante atualização, os procedimentos e rotinas de trabalho bem definidos, além de um plano para atuar em situações de emergência que seja eficiente, em que todos consigam identificar e avaliar situações de riscos potenciais.

As normativas sobre a radioproteção da CNEN são extensas, contando com outras normas do grupo, como a NE 3.02 e a NN 3.05 (CNEN 2013, 2018). Analisou-se o conjunto de informações contidas nessa principal, relacionou-se com a prática e verificou-se que embora elas existam com rigor, elas não são da mesma forma cumpridas nos ambientes de trabalho e nem de conhecimento da população em geral, vide os acidentes reportados. Nesse sentido, Oliveira e Giacomo (2020) com relação à questão da segurança, apontam preocupação para o fato de que a CNEN é fiscalizada por órgãos internos à sua organização, não havendo separação entre o órgão fiscalizador e o órgão produtor da energia nuclear nacional, levando a uma atuação questionável.

Outro fato referente à norma analisada e as que compõe o grupo, é que existem discussões em âmbito nacional para que estas sejam revistas e adequadas à nova proposta de classificação de exposições à radiação. Ao ser comparada com a última recomendação emitida da ICRP (2007), a norma brasileira, que se baseou na versão anterior, de 1991 (ICRP, 1991), encontra-se relativamente defasada em relação à radioproteção mundial. Conforme Pereira *et al.* (2015) na publicação da ICRP nº 103, versão mais recente, houve diversas atualizações de conceitos e valores do dano das radiações, por exemplo, não usa mais o conceito antropocêntrico, o termo foi substituído por uma radiação ambiental. Dessa forma, a proteção ambiental deve ser explícita e geral, independente da proteção dos seres humanos (Pereira *et al.*, 2015). Essa perspectiva já foi proposta pela ICRP em 2003, porém é diferente da norma CNEN NN 3.01, que ainda usa a superada antropocêntrica.

As principais diferenças entre a CNEN NN 3.01 e a ICRP-103 são: os valores dos fatores de ponderação de radiação ( $W_R$ ) e do tecido ( $W_T$ ); os valores de percepção de riscos de exposições e baixas doses; a abolição do conceito de prática; a introdução dos conceitos de exposições planejadas, de emergência e exposições existentes e recomendações de desenvolver um projeto de radioproteção ambiental (Pereira *et al.*, 2015). Portanto, segundo os autores, para adequar a norma nacional torna-se necessário alterar seu conceito de proteção, atualizar os valores de ponderação das radiações e dos tecidos, modificar os danos das radiações, além de tornar claro a definição de radioproteção ambiental (Pereira *et al.*, 2015). Por isso, é necessário que todas as alterações e conceitos atualizados mencionados sejam incorporados à norma brasileira, para que esta seja cada vez mais segura e obedecida integralmente.

## ANÁLISE DAS NORMAS COM RELAÇÃO À SEGURANÇA DAS FONTES RADIOATIVAS

Entre os episódios registrados nos últimos anos, ocorreram situações como a perda ou roubo de materiais radioativos, esses eventos podem ter consequências catastróficas e revelam, portanto, uma necessidade em prover medidas para implementação e melhoria dos sistemas de proteção física das instalações radioativas brasileiras, bem como o aumento de sua eficácia. Desde o atentado de 11 de setembro, no *World Trade Center* (EUA), houve uma crescente preocupação da comunidade internacional no que diz respeito à segurança física das fontes radioativas (Lima *et al.*, 2016) e assim foram implementadas e fortalecidas certas medidas. Entretanto, apenas uma minoria dos países conseguiu atuar de maneira realmente eficaz a esse respeito. Tais esforços são comumente impactados por diferentes desafios internos dos próprios países, como por exemplo a infraestrutura, o arcabouço legal e recursos em geral (Englefield, 2014).

No Brasil, mesmo não tendo sido relatados eventos ou ameaças de cunho terrorista, são ainda necessários esforços especiais em prol da sua plena segurança, principalmente pela sua dimensão continental. No país, a regulamentação foi iniciada, recentemente, em novembro de 2019, a partir da CNEN NN 2.06, a qual estabelece os princípios gerais e requisitos básicos exigidos para a proteção física de fontes radioativas e instalações radiativas associadas. É definido nessa norma que instalação radiativa abrange o espaço físico, local, sala, prédio que utilize, produza, processe, distribua ou armazene fontes de radiação ionizante (CNEN, 2019). Para tais instalações, um sistema de proteção física (SisPF) precisa ser estruturado visando a proteção das fontes de roubos e remoções não autorizadas, assim como a contribuição para a recuperação dessas fontes em casos de remoção ou desaparecimento e a minimização dos efeitos dessas ações.

Nesta norma, a remoção não autorizada é exemplificada como os furtos, roubos ou qualquer outra forma ilegal de retirada das fontes radioativas por indivíduo ou grupo, definidos como adversários. Estes podem ser considerados externos: como grupos terroristas ou ativistas e adversários internos: indivíduos com acesso às fontes radioativas ou a informações relativas à segurança delas, que podem facilitar a execução do ato (CNEN, 2019). Ela veio regulamentar alguns aspectos da CNEN NN 6.02, que trata de forma geral do licenciamento de instalações radiativas e aborda os requisitos de proteção física (CNEN, 2022).

Corroborando com as análises realizadas por Lima *et al.* (2018), nas quais concluíram que as normas brasileiras de licenciamento, que abordam aspectos de proteção física, não apresentam uma orientação clara para sua elaboração e implantação. Destoa, dessa forma, dos padrões internacionais. A falta de requisitos mais detalhados dificulta uma avaliação regulatória mais criteriosa sobre as condições de proteção física das instalações, seja por meio da avaliação de planos e demais documentos de proteção física ou pelas inspeções regulatórias. Percebe-se, portanto, que mesmo com a norma mais recente, a CNEN NN 2.06, atualizada e aperfeiçoada no que diz respeito aos termos, conceitos e requisitos referentes ao licenciamento e regulamentação, algumas instalações que já existiam antes da atualização da norma precisam ainda se adequar aos novos parâmetros.

## ANÁLISE DAS NORMAS COM RELAÇÃO AOS REJEITOS RADIOATIVOS

Rejeito radioativo é qualquer material resultante de atividades humanas, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção de acordo com norma da CNEN, e para o qual a reutilização é imprópria ou ainda não prevista (CNEN, 1990). Os rejeitos são classificados segundo seus níveis e natureza da radiação, bem como suas meias vidas; sendo as classes encontradas na norma CNEN NN 8.01, no art. 3º, I a VIII, da seguinte maneira: i) Rejeitos Isentos (RI - Classe 0); ii) Rejeitos de Meia-Vida Muito Curta (RVMC - Classe 1); iii) Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (RBMN - Classe 2); iv) Meia-Vida Curta (RBMN-VC - Classe 2.1); v) Rejeitos Contendo Radionuclídeos Naturais (RBMN-RN - Classe 2.2); vi) Rejeitos contendo Radionuclídeos Naturais (RBMN-RN - Classe 2.3); vii) Rejeitos de Meia-Vida Longa (RBMN-VL - Classe 2.4); e viii) Rejeitos de Alto Nível de Radiação (RAN - Classe 3). A norma CNEN NN 8.01 estabelece os critérios gerais e requisitos básicos de segurança e proteção radiológica relativos à gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, bem como de rejeitos radioativos de meia-vida muito curta (CNEN, 2014a).

Em seu Art. 4º é mencionado que toda instalação radiativa, instalação nuclear, instalação mínero-industrial, instalação de extração e exploração de petróleo ou depósito de rejeitos radioativos deve dispor de plano de gerência de rejeitos radioativos, dentro do contexto dos respectivos processos de licenciamento e controle e no Art. 48 dá a CNEN a obrigação de fiscalizar as instalações com o objetivo de verificar o cumprimento dos requisitos de segurança estabelecidos em suas normas.

É também responsabilidade da CNEN fiscalizar as atividades de pesquisa e lavra das jazidas de minérios nucleares localizados no território nacional, bem como a segurança das barragens destinadas à disposição de rejeitos de mineração de urânio, desenvolvidas com base no Licenciamento nuclear, segundo as Normas CNEN NE 1.04, CNEN NE 1.13 e CNEN-NE 1.10 (CNEN, 1980, 1989, 2024). Referente a esse ponto, constatou-se recentes atualizações, com todas em revisão, na busca de uma melhor atuação.

Entretanto, faz-se importante lembrar que existe uma fragilidade da governança desempenhada pela CNEN no gerenciamento das barragens e dos depósitos para disposição dos rejeitos nucleares. Em 2021 foi publicado pela Controladoria-Geral da União um relatório de avaliação da CNEN, referente ao exercício de 2020, cujos resultados indicaram, principalmente, que as inspeções de depósitos não estavam sendo executadas com a periodicidade anual prevista, que havia depósitos em operação sem autorização da CNEN e morosidade na realização da avaliação estrutural do prédio do depósito de rejeitos do Instituto de Energia Nuclear (interditado na época). Foi relatada também a ausência de avaliação de riscos de ocorrência de acidentes para subsidiar a fiscalização dos depósitos e uma baixa efetividade no atendimento às exigências expedidas aos titulares dos depósitos de rejeitos intermediários administrados pela CNEN (Controladoria-Geral da União - CGU, 2021).

No que diz respeito às barragens de rejeitos radioativos, a equipe de auditoria mencionou que não estava definido o real quantitativo das barragens sob a responsabilidade fiscalizatória da CNEN. Especificamente quanto à Unidade em Descomissionamento de Caldas (UDC/Caldas), verificou-se que não houve a completa implementação do seu Plano de Ação de controle regulatório e confirmou-se a necessidade de aperfeiçoamento da qualificação dos servidores que atuam

como inspetores residentes na UDC/Caldas e dos guias de orientação (CGU, 2021).

No mesmo grupo, é esclarecido na norma CNEN NN 8.02 (CNEN, 2014b), em seu Art. 22 que o projeto de engenharia do depósito de rejeitos radioativos submetido pelo titular deve estar em conformidade com princípios e diretrizes internacionalmente estabelecidos, de tal forma a assegurar que o depósito não represente um risco inaceitável para as pessoas e o meio ambiente e não interfira em outros usos legítimos do solo, mar e águas superficiais e subterrâneas. Na prática isso não ocorre, pois como exemplo, na UDC/Caldas, atualmente somente a barragem D4 foi atestada com estabilidade, permanecendo a barragem de rejeitos sem o atestado e ambas classificadas como nível 1 de emergência (ANM, 2024). Elas passam por obras urgentes, visto que a Agência Nacional de Mineração estimou que abaixo das construções há até 500 pessoas que podem ser afetadas em caso de rompimento (ANM, 2024a).

Fato esse já relatado em setembro de 2018, quando o sistema extravasor na barragem de tratamento, cuja função é escoar eventuais excessos de água dos reservatórios, estava seriamente comprometido devido a infiltrações. Nesta ocasião, foi advertido o risco de atingirem rios que cortam a região, a barragem de rejeitos cairia no Ribeirão Soberbo e seguiria até o Rio Verde, chegando posteriormente à cidade de Caldas, MG, enquanto a Represa de Águas Claras atingiria o Ribeirão das Antas e seguiria cerca de 25 km até Poços de Caldas, MG (IPEN, 2019). Em consequência dessa ocorrência, foi acordado junto ao Ministério Público Federal, em maio de 2019, que a INB realizaria inspeções de segurança semanais. A CNEN afirmou que esse acordo se mantém vigente e que, como órgão regulador, somente verifica se houve alterações no que concerne ao documento anterior e, caso tenha algum questionamento, encaminha um Ofício à INB solicitando esclarecimentos (CGU, 2021). De uma maneira geral, novamente as normas existem, porém não são cumpridas, não contam com a necessária atualização pela própria CNEN e possuem fragilidades na fiscalização. Trata-se de falhas relacionadas à cultura da instituição, que devem ser repensadas, pois fragilizam a gestão e a atividade regulatória dos depósitos de rejeitos radioativos, demonstrando problemas estruturais que precisam ser superados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o caráter diverso das ameaças nucleares, fato registrado na história, tornou-se inegável a necessidade de repensar a estratégia nacional de segurança a fim de evitar que mais acidentes ocorram. Verificou-se um processo de transição regulatória na área, em que o Brasil busca adequar os requisitos normativos aos métodos e processos já consolidados, adotados e recomendados pela comunidade internacional.

Entretanto, conforme pesquisa realizada das normas legais CNEN NN 3.01; CNEN NN 2.06 e CNEN NN 8.01 observou-se uma sequência de vulnerabilidades que são acarretadas pela falta de atualização e fiscalização nas atividades do setor. Para adequação no campo da radioproteção, a norma brasileira precisa atualizar conceito de proteção, assim como os valores de ponderação das radiações e dos tecidos, atualizar os parâmetros quanto o detrimento das radiações, além de tornar claro o conceito de radioproteção ambiental.

Quanto à proteção as fontes radioativas, as normas de licenciamento não apresentam requisitos detalhados, que dificultam uma avaliação mais criteriosa sobre as condições de proteção física das instalações, tanto pelos planos e demais

documentos de proteção física quanto pelas inspeções regulatórias. E, no campo dos rejeitos radioativos, é necessário um cumprimento adequado das normas, pois verificou-se que a atuação da ação regulatória não segue procedimento específico e institucionalizado.

Foi visto que existe uma demora em renovações das normas sendo que os acidentes poderiam ter sido evitados, esses ocorreram em um curto espaço de tempo, justamente por falta de fiscalização e transparência das empresas responsáveis. Com o histórico longo e ao mesmo tempo recente de vazamentos de águas radioativas, sumiço de materiais, armazenamento impróprio de rejeitos tóxicos, descumprimento de obrigações perante a população e flexibilização em leis de exploração, confirma-se a hipótese de que as normas nacionais da segurança de energia nuclear não garantem a proteção integral à saúde humana e ambiental.

Por isso, pontua-se uma necessidade e urgência nestes casos, de instituir uma política de fiscalização mais rígida, com relação às precariedades do sistema, que se apresenta ineficiente e sujeito a erros humanos, além de investigações para apuração de fatos, inclusive os não expostos na grande mídia, para mitigação dos riscos ao meio ambiente e à saúde humana. É recomendável também uma revisão do arcabouço normativo nacional alinhado com as recomendações internacionais, para que fique mais claro, tanto para os profissionais ocupacionalmente expostos, quanto para o público em geral que precisa de informação clara. O desconhecimento ou o despreparo dos indivíduos podem potencializar os riscos que envolvem consequências a todos.

## REFERÊNCIAS

ABDAN - Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares. **Energia nuclear pela eficiência energética no Brasil**. ABDAN. 2024. Disponível em: < <https://abdan.org.br/2022/08/24/energia-nuclear-pela-eficiencia-energetica-no-brasil/> > Acesso em: 19 fev. 2024.

ANM, Agência Nacional de Mineração. **SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração**. 2024. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/GerenciarPublico> Acesso em 01 abr. 2024.

ANM, Agência Nacional de Mineração. **SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração**. 2024a. Disponível em: em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/BarragemPublico/Detailhar/30C01DD1A46D66D9226CFD024B2F7179135C9CEA5518EA35F12D236053CF16C7> Acesso em 10 mar. 2024.

AYDIN, C. I. Nuclear energy debate in Turkey: Stakeholders, policy alternatives, and governance issues. **Energy Policy**, v. 136, p. 1-17, 2020.

BRASIL. **Relatório do grupo de trabalho fiscalização e segurança nuclear**. Congresso Nacional. 2007. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/3743> Acesso em: 03 mar. 2024.

CGU – Controladoria-Geral da União. **Relatório de Avaliação: Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN - Exercício 2020**. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Princípios básicos de segurança e proteção radiológica**. 3ª ed., UFRGS, 2006.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NE 1.10: Segurança de sistemas de barragem de rejeitos contendo radionuclídeos**. 1980. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-1/grupo1-nrm110.pdf> Acesso em: 06 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NE 1.13: Licenciamento de minas e usinas de beneficiamento de minérios de urânio e/ou tório**. 1989. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-1/grupo1-nrm113.pdf> Acesso em: 09 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NE 6.06: Seleção e escolha de locais para depósitos de rejeitos radioativos**. 1990. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-6/grupo6-nrm606.pdf> Acesso em: 06 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NN 3.05: Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear**. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/grupo3-nrm305.pdf> Acesso em: 09 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NN 3.01:** Diretrizes básicas de proteção radiológica. 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/grupo3-nrm301.pdf> Acesso em: 09 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NN 8.01:** Gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação. 2014a. Disponível em: < <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-8/grupo8-nrm801.pdf>> Acesso em: 06 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NN 8.02:** Licenciamento de depósitos de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação. 2014b. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-8/grupo8-nrm802.pdf> Acesso em: 09 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NE 3.02:** Serviços de radioproteção. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/grupo3-nrm302.pdf> Acesso em: 09 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NN 2.06:** Proteção física de fontes radioativas e instalações radiativas associadas. 2019. Disponível em: [https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-2/grupo2\\_nrm206.pdf](https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-2/grupo2_nrm206.pdf) Acesso em 09 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NN 6.02:** Licenciamento de instalações radiativas. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-6/NormaCNENNN6.02.pdf> Acesso em: 09 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **CNEN é acionada por suspeita de furto de fontes radioativas.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/ultimas-noticias/cnen-e-acionada-por-suspeita-de-furto-de-fontes-radioativas> Acesso em: 30 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Norma CNEN NE 1.04:** Licenciamento de instalações nucleares. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-1/NormaCNENNE1.04LicenciamentodelInstalacoesNucleares.pdf> Acesso em: 09 abr. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Biblioteca Digital Memória da CNEN.** 2024a. Disponível em: <https://memoria.cnen.gov.br/memoria/CronologiaUnidade.asp?Unidade=CNEN> Acesso em: 03 mar. 2024.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Normas Regulatórias.** 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/normas-para-instalacoes-nucleares> Acesso em: 24 mar. 2024.

COSTA, H. S. **Segurança nuclear, tema esquecido.** Outras Palavras. 2023.

Disponível em: <https://outraspalavras.net/crise-civilizatoria/seguranca-nuclear-tema-esquecido/> Acesso em: 04 mar. 2024.

CUNHA, C. P.; ANJOS, J. A. S. A. Análise da matriz energética nuclear mundial e brasileira antes e após o acidente na central nuclear de Fukushima, Japão. **Revista Eletrônica de Energia**, v. 5, n. 2, p. 79-89, 2015.

ELHEGAZY, H.; KAMAL, M. Implementing nuclear power plants (NPPs): state of the art, challenges, and opportunities. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 7, n. 11, 2022.

ENGLEFIELD, C. Radioactive source security: why do we not yet have a global protection system? **Nuclear engineering and technology**, v. 46, n.4, p. 461-466, 2014.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia**. Brasília: MME/EPE. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia/pde-2029-a-2021/pde-2023/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde-2023.pdf/view> Acesso em: 28 fev. 2024.

FAGUNDES, J. S.; FERREIRA, A. F.; LIMA, C. M. A.; DA SILVA, F. C. A. Lições aprendidas com acidentes radiológicos nas exposições médicas em radioterapia. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 6, n. 2, p. 01-17, 2018.

FARIAS, L. M.; SELBITTO, M. A. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, v. 12, n. 17, p. 07-16, 2011.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FONSECA, E. Mineração no Brasil: responsabilidade social, importância econômica e melhores práticas de sustentabilidade. *In*: SION, A. O. **Direito Minerário em Foco** - Tomo III. Andradina: Editora Meraki, 2023.

FMI - Fundo Monetário Internacional. **Perspectivas Econômicas: As Américas**. Assegurar uma inflação baixa e promover o crescimento potencial. 2023. Disponível em: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/REO/WHD/2023/October/Portuguese/text.ashx> Acesso em: 28 fev. 2024.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho. **Não existe dose segura de exposição à radiação sob a ótica genética, reforça físico nuclear**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/comunicacao/noticias/noticias/2017/3/nao-existe-dose-segura-de-exposicao-a-radiacao-sob-a-otica-genetica-reforca-fisico-nuclear> Acesso em: 30 abr. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2019.

HEIDER, M. **Urânio**. Agência Nacional de Mineração. 2008. Disponível em: <  
<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/2-3-uranio>> Acesso em: 21 fev. 2024.

IBM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Urânio: saiba o que é e para que serve**. Portal da Mineração. 2022. Disponível em: <https://portaldamineracao.com.br/uranio-saiba-o-que-e-e-para-que-serve/> Acesso em: 21 fev. 2024.

ICRP - International Commission on Radiological Protection. **The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. ICRP Publication 103, v. 37, n 2-4, ed. Elsevier, 2007.

ICRP - International Commission on Radiological Protection. **1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. ICRP Publication 60, v. 21, n. 1-3, ed. Pergamon Press, 1991.

IEA - International Energy Agency. **The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions**. **International Energy Agency**. 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions> Acesso em 21 fev. 2024.

IEA - International Energy Agency. **Tracking climate pledges: can the Global Stocktake be a landmark moment for energy sector ambition?** International Energy Agency. 2023. Disponível em: [www.iea.org/commentaries/tracking-climate-pledges-can-the-global-stocktake-be-a-landmark-moment-for-energy-sector-ambition](http://www.iea.org/commentaries/tracking-climate-pledges-can-the-global-stocktake-be-a-landmark-moment-for-energy-sector-ambition) Acesso em: 23 fev. 2024.

IEN - Instituto de Engenharia Nuclear. **Nota de esclarecimento sobre vazamento na usina de Angra**. IEN. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ien/pt-br/assuntos/noticias/nota-de-esclarecimento-sobre-vazamento-na-usina-de-angra> Acesso em: 03 mar. 2024.

INB - Indústrias Nucleares do Brasil. **O que é o enriquecimento de urânio? Como ele é feito na INB?** INB. 2020. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/o-que-e-o-enriquecimento-como-ele-e-feito?Origem=1068> Acesso em: 21 fev. 2024.

INB - Indústrias Nucleares do Brasil. Recursos. **Recursos**. 2024. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ur%C3%A2nio/Recursos> Acesso em: 21 fev. 2024.

INCA - Instituto Nacional de Câncer. **Radiações ionizantes**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/radiacoes/radiacoes-ionizantes> Acesso em: 09 abr. 2024.

IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. **Obras de reparo em barragem de rejeitos de lixo nuclear são concluídas na INB, em Caldas, MG**. 2019. Disponível em: [https://intranet.ipen.br/portal\\_por/portal/interna.php?secao\\_id=40&campo=12354](https://intranet.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=40&campo=12354)

Acesso em: 06 abr. 2024.

JANSEN, L. C.; RAZUCK, F. B. Os trinta anos do acidente de Goiânia e a gestão do conhecimento nuclear: a atuação do Instituto de Radioproteção e Dosimetria. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 6, p. 16108-16118, 2020.

JIN, T.; KIM, J. What is better for mitigating carbon emissions – Renewable energy or nuclear energy? A panel data analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 91, p. 464-471, 2018.

LAU, L-S.; CHOONG, C-K.; NG, C-F.; LIEW, F-M.; CHING, S-L. Is Nuclear Energy Clean? Revisit of Environmental Kuznets Curve Hypothesis in OECD Countries. **Economic Modelling**, 2018.

LEE, S.; KIM, M.; LEE, J. Analyzing the Impact of Nuclear Power on CO<sub>2</sub> Emissions. **Sustainability**, v. 9, n. 1428, p. 1-13, 2017.

LIMA A. R.; FILHO J. S. M.; MELLO L. A. New Brazilian Regulation for Security of Radioactive Sources. *In: International Conference on Nuclear Security: Commitments and Actions*, IAEA, Vienna, 2016.

LIMA, A. R.; TAVARES, R. L. A.; MONTEIRO FILHO, J. S.; SILVA, F. C. A.. Panorama da segurança física de fontes radioativas no Brasil, **Brazilian Journal of Radiationsciences**, v. 6, n.28, p. 1-16, 2018.

LIMA, F. S.; SILVA FILHO, W. S. Potencial Uranífero no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.6, p.58852-58867, 2021.

LISBOA, M. V.; ZAGALLO, J. G. C.; MELLO, C. C. A. Acidentes e irregularidades denunciados. *In: Relatório da Missão Caetité: Violações de Direitos Humanos no Ciclo do Nuclear*. Plataforma Dhesca Brasil, Curitiba, p. 21-32, 2011.

MAHMOOD, N.; DANISH; WANG, Z.; ZHANG. The role of nuclear energy in the correction of environmental pollution: Evidence from Pakistan. **Nuclear Engineering and Technology**, v. 52, n. 6, p. 1327-1333, 2020.

OLIVEIRA, C. A.; GIACOMO, L. Território em risco: discussão acerca dos impactos da implantação da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) em Angra dos Reis. **Revista Master Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 5, n. 10, 2020.

OLIVEIRA, G. S.; MIRANDA, M. I.; SAAD, N. S. Metassíntese: uma modalidade de pesquisa qualitativa. **Cadernos da Fucamp**. Monte Carmelo, v. 19, n. 42, p. 145-156, 2020.

OLIVEIRA, A. B.; BERNARDES, M. M. R.; OLIVEIRA, A. R. P.; CARDOSO, R. B. S.; ARAÚJO, D. F.; PORTO, F. R. Cultura do descuido e vulnerabilidade a desastres: marcas do acidente radioativo com o céσιο-137 em Goiânia (Brasil). **Research, Society and Development**, v. 9, n.10, P. 1-22, 2020a.

ONU - Organização das Nações Unidas. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. Nações Unidas no Brasil. Brasília, 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-deve-chegar-97-bilh%C3%B5es-de-pessoas-em-2050-diz-relat%C3%B3rio-da-onu> Acesso em: 28 fev. 2024.

PEREIRA, W. S.; KELECON, A.; PEREIRA, J. R. S. Comparação entre a norma brasileira de radioproteção e a recomendação da International Commission on Radiological Protection publicadas em 2007. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 3, n. 1, p. 01-10, 2015.

PRÁVĚLIE, R.; BANDOC, G. Nuclear energy: Between global electricity demand, worldwide decarbonisation imperativeness, and planetary environmental implications. **Journal of Environmental Management**, v. 209, p. 81-91, 2018.

RIBEIRO, M. C.; GALVÃO, V. F. Políticas públicas e capacitação em segurança radiológica: aprendizagens com o acidente de Goiânia-GO e implicações para o setor de coleta e reciclagem no Brasil. **Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 6, p. 1-15, 2023.

ROCHA, S. F. Acidente radioativo com o Césio 137 - A participação da Marinha no atendimento às vítimas. **Revista Navigator**, v. 4, n. 8, p. 9-78, 2008.

SAIDI, K.; MBAREK, M. B. Nuclear energy, renewable energy, CO<sub>2</sub> emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel Granger causality tests. **Progress in Nuclear Energy**, v. 88, p. 364-374, 2016.

SALGE, E. H. C. N.; OLIVEIRA, G. S.; SILVA, L. S. Saberes para a construção da pesquisa documental. **Revista Prisma**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 123-139, 2021.

SGB – Serviço Geológico do Brasil. **PDAC 2024: Brasil tem potencial para impulsionar a transição energética e a promoção da descarbonização da economia**. 2024. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/public/Noticias/PDAC-2024:-Brasil-tem-potencial-para-impulsionar-a-transicao-energetica-e-a-promocao-da-descarbonizacao-da-economia-8630.html> Acesso em 30 abr. 2024.

SILVA, L. C. J.; RAZUCK, F. B. Knowledge management in radiation protection: The Goiânia accident-learning in the face of tragedy. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 6, n. 2, p. 1-16, 2018.

TRINDADE, A. D. C.; BOTELHO, M. M. A mineração no contexto da sustentabilidade: um estudo sobre as práticas regulatórias atuais para viabilizar a transição energética e a sustentabilidade de um recurso não-renovável. **Revista de Direito da Universidade de Brasília**, v. 7, n. 3, p. 111-139, 2023.

XU, Y.; KANG, J.; YUAN, J. The Prospective of Nuclear Power in China. **Sustainability**, v. 10, n. 2086, p. 1-21, 2018.

WHO – World Health Organization. **Ionizing radiation and health effects**. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation->

[and-health-effects](#) Acesso em: 30 abr. 2024.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Uranium and Depleted Uranium**. World Nuclear Association. 2020. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/uranium-and-depleted-uranium.aspx> Acesso em: 21 fev. 2024.

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001

### 1.3 A MINERAÇÃO DE URÂNIO EM CALDAS, MG: UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS MORADORES ACERCA DOS RISCOS, DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE

Revista para publicação do artigo a ser escolhida.

#### A MINERAÇÃO DE URÂNIO EM CALDAS, MG: UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS MORADORES ACERCA DOS RISCOS, DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE

**Resumo.** A extração de urânio para produção de combustível nuclear no Brasil teve início em 1982 em Caldas, MG, sendo esta unidade desativada em 1995. Desde então, os residentes da região convivem com incertezas relativas ao monitoramento da saúde, bem como do quadro de contaminação do meio ambiente. Diante disso, o presente capítulo teve como objetivo descrever a percepção dos moradores do município em relação aos impactos da mineração nos âmbitos dos riscos, da saúde e do meio ambiente. Utilizou-se o estudo de caso como estratégia de pesquisa e a aplicação de questionários, como técnica. Estes foram analisados utilizando-se uma adaptação de técnicas de análise de conteúdo apresentadas por Bardin e a mineração de textos. Foram entrevistadas 365 pessoas, tanto da zona rural quanto da zona urbana. Constatou-se como temática comum nas respostas a apreensão em relação à contaminação da água e ar, além dos relatos de doenças na comunidade, como o câncer. Concluiu-se que, apesar do histórico conhecido no município, não foram encontradas, nas falas dos participantes, indícios de uma conscientização sobre os riscos e impactos socioambientais associados à mineração de urânio, revelando-se assim um caráter capitalista de coisificação da saúde, do meio ambiente e do trabalho.

**Palavras-chave:** Exploração de urânio; Saúde; Meio ambiente; Riscos.

#### URANIUM MINING IN CALDAS, MG: A STUDY OF RESIDENTS' PERCEPTIONS OF RISKS, HEALTH AND THE ENVIRONMENT

**Abstract.** The extraction of uranium for the production of nuclear fuel in Brazil began in 1982 in Caldas, MG, and the plant was shut down in 1995. Since then, residents of the region have lived with uncertainties regarding health monitoring and environmental contamination. In view of this, the aim of this chapter was to describe the perception of the town's residents in relation to the impacts of mining in the areas of risk, health and the environment. A case study was used as the research strategy and questionnaires were used as the technique. These were analyzed using an adaptation of the content analysis techniques presented by Bardin and text mining. 365 people were interviewed, from both rural and urban areas. A common theme in the responses was apprehension about water and air contamination, as well as reports of illnesses in the community, such as cancer. It was concluded that, despite the municipality's known history, there was no evidence in the participants' speeches of an awareness of the socio-environmental risks and impacts associated with uranium mining, thus revealing a capitalist character of the objectification of health, the environment and work.

**Keywords:** Uranium mining; Health; Environment; Risks.

## Introdução

No Brasil, a extração de urânio para produção de combustível nuclear é realizada pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB). O primeiro local em que esta atividade se estabeleceu foi no município de Caldas, no sul de Minas Gerais, onde diversos eventos se sucederam ao longo do tempo (Quadro 1), até março de 2024. Atualmente as atividades que englobam as operações de mina e o beneficiamento mineral ocorrem no município de Caetité (BA), onde encontra-se um recurso de 87 mil toneladas de urânio contido ( $U_3O_8$ ), distribuído em 17 depósitos (INB, 2024).

Quadro 1 - Cronologia dos principais acontecimentos ligados ao município de Caldas, MG, referentes à exploração de urânio.

<b>Datas</b>	<b>Acontecimento</b>
1970	Descoberta jazida de urânio de Campo do Cercado, em Caldas, dando origem ao Complexo Mínero-Industrial de Poços de Caldas (CIPC).
1977	O decapeamento (processo em que a cobertura superficial da jazida é removida, visando à exposição do minério para extração) da mina é iniciado, juntamente com a construção das instalações.
1982	Inauguração da primeira unidade de mineração e beneficiamento de urânio do país em Caldas, iniciando operação comercial.
Final de 1988	As operações são paralisadas.
Agosto de 1993	São reiniciadas as operações de mineração.
Outubro de 1995	Encerradas as atividades por inviabilidade econômica.
Final dos anos 1990	A unidade de Caldas fica sob ameaça de receber mais rejeitos radioativos oriundos da Usina de Santo Amaro, SP (USAM), que está encerrando suas atividades. Tal fato provoca revolta na população que já convive obrigatoriamente com toneladas desses materiais, já estocados anteriormente.
2002	As INB assinam um termo de compromisso com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), referindo-se ao licenciamento ambiental das instalações.
Dezembro de 2004	Ibama e Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), em atendimento a este termo de compromisso, produzem termo de referência para Elaboração e Apresentação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).
Novembro de 2005	É tomada a decisão de visar o descomissionamento da Unidade de Tratamento de Minérios (UTM) de Caldas.
Abril de 2010	O gerente das INB Caldas comparece à Câmara Municipal para prestar explicações sobre o processo de descomissionamento. Ele declara que as mais de 12 mil toneladas de Torta II estocadas na unidade não representa qualquer perigo para a população.
Fevereiro de 2011	A Justiça dá ganho de causa à ação impetrada pelo promotor do Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG) de Caldas, que obriga as INB a fazerem, com um atraso de 15 anos desde o cessamento das operações, o descomissionamento da área.
2012	INB apresentam o PRAD, aprovado pelo Ibama.
2015	Ibama constata que parte da cobertura dos galpões da UTM é feita apenas com lona.
Junho de 2015	Tribunal Regional do Trabalho condena as INB a indenizarem um ex-funcionário que alega ter medo de adoecer por trabalhar com materiais radioativos.
2016	CNEN encontra mais irregularidades nas instalações das INB.
2017	CNEN verifica que exigências anteriores não foram cumpridas.
Setembro de 2018	INB comunicam ao Ministério Público Federal (MPF) a ocorrência de um evento "não usual" na barragem de rejeitos, ocorrido em setembro. Consiste

	no carreamento de sedimentos por meio do sistema extravasor.
Novembro de 2018	Após a CNEN e o Ibama terem sido comunicados, são iniciadas ações de investigação que resultam em um relatório técnico preliminar de consultoria contratada, emitido pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e entregue às INB.
Janeiro de 2019	Representantes das INB apresentam ao MPF as medidas que estariam sendo implementadas em caráter de urgência para alteração do mecanismo do sistema extravasor da barragem.
08 de fevereiro de 2019	MPF recomenda às INB e à CNEN que, até o dia 30 de março desse ano, sejam adotadas todas as providências para a completa implementação do Plano de Ação Emergencial para Barragens de Mineração (PAEBM) relativo à barragem de rejeitos da UTM Caldas.
14 de fevereiro de 2019	INB divulgam comunicado acerca da realização de obras para evitar rompimento de barragem em Caldas.
30 de março 2019	Vencido o prazo, o MPF conclui que diversas ações não foram implementadas, implicando no cumprimento parcial e insatisfatório do que havia sido recomendado.
23 de abril de 2019	MPF encaminha à CNEN e às INB proposta de Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) para barragem de rejeitos nucleares.
Maio de 2019	Representantes da 1ª Companhia Independente de Bombeiros Militares e da Defesa Civil de Poços de Caldas participam de uma reunião na UTM, em Caldas, a fim de planejar ações para realização dos simulados de situações de emergência no entorno da barragem de rejeitos da unidade.
08 de novembro de 2019	As INB assinam um TAC com o MPF. O termo dispõe sobre as medidas emergenciais a serem realizadas pelas INB com o objetivo de proporcionar a implementação do Plano de Segurança da Barragem (PSB) e do PAEBM na Unidade em Descomissionamento de Caldas.
18 dezembro de 2019	Acontece o 1º Simulado Externo das INB, considerando uma situação de emergência no entorno da Barragem de Rejeitos. O objetivo é testar a execução do PAEBM e mensurar o tempo de resposta de cada um dos órgãos envolvidos.
18 de junho 2021	INB substituem telhas da cobertura e do fechamento lateral do galpão utilizado para estocagem de Torta II da Unidade de Caldas. O trabalho é fiscalizado pela CNEN.
Agosto de 2021	As barragens de Rejeitos e de Águas Claras, da Unidade em Descomissionamento de Caldas (UDC), têm a estabilidade garantida por auditor independente em Inspeções de Segurança Regular (ISR) realizadas. A atividade tem como objetivo verificar as condições de segurança das estruturas e indicar melhorias, além de atender ao estabelecido pelos órgãos fiscalizadores.
Setembro de 2021	É divulgada a informação sobre a possibilidade das INB em Caldas receberem cerca de 1 mil toneladas de materiais e equipamentos radioativos que atualmente estão armazenados em uma unidade desativada da empresa em Interlagos, São Paulo. A população e autoridades da região são contra essa ação. O presidente das INB afirma que ainda não está definido que Caldas será o destino do lixo radioativo.
10 de janeiro de 2022	INB iniciam remediação de embalados e de empilhamento de Torta II. A operação foi aprovada pela CNEN e está sendo fiscalizada pelo órgão.
26 de abril de 2023	A Câmara Municipal de Poços de Caldas realiza uma audiência pública para discutir o tema “Radioatividade e o lixo radioativo armazenado nas INB”. O evento reúne moradores, representantes de Poços de Caldas, Andradas e Caldas, além de nomes da Comissão Nacional de Energia Nuclear e das INB. O encontro é transmitido ao vivo pelas páginas do Legislativo no Facebook e YouTube.
7 de junho de 2023	Com a promulgação da lei 14.514 de dezembro de 2022, a ANM passa a regular e fiscalizar as estruturas de mineração das unidades das INB. Tanto a Barragem de Rejeitos quanto a D4 são incluídas pelas INB no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM) e são enquadradas no nível 1 de emergência.
21 e 22 de junho de	Equipe da ANM realiza primeira vistoria oficial em barragens de

2023	minérios nucleares das INB após a entrada em vigor da Lei 14.514/2022. A equipe da ANM vistoria 13 pontos da unidade. Ao final da vistoria, a ANM solicita às INB a elaboração de estudos para aprimorar o diagnóstico das barragens.
26 de junho de 2023	Ibama realiza visita técnica às barragens das INB Caldas. O objetivo é verificar de perto como estão as estruturas classificadas no nível 1 de emergência. São solicitados às INB documentos e fotos das estruturas e dados de monitoramento e informações sobre as ações programadas para as duas barragens.
11 de julho de 2023	ANM exige 18 adequações em barragens das INB. Parecer do órgão é entregue a parlamentares e representantes dos governos local e federal e de sindicatos que visitam as estruturas. As estruturas serão mantidas em nível de emergência 1 (NE 1) até que sejam realizadas as adequações necessárias.
19 de julho de 2023	Como uma das exigências, as INB incluem no SIGBM, a Bacia Nestor Figueiredo (BNF). Após o cadastro, a estrutura é classificada no sistema no nível “sem emergência”.
14 de setembro de 2023	As INB finalizam a remediação dos embalados de Torta II da UDC. A atividade consiste na sobre-embalagem dos tambores oxidados de Torta II com novos tambores metálicos e na substituição dos paletes por novos, visando garantir o acondicionamento do material.
19 de setembro de 2023	É finalizada a primeira etapa de demolição de edificações na UDC. Ao todo são demolidas doze edificações na planta industrial que estão sem uso e são liberadas pelas áreas internas de proteção radiológica, engenharia e meio ambiente.
26 e 27 de setembro de 2023	ANM realiza nova vistoria em barragens das INB e faz exigências.
Setembro de 2023	A UDC finaliza a primeira ação para regredir o nível de emergência 1 da Barragem D4 em conformidade com as exigências da ANM. A ação consistiu na construção de canal de desvio do efluente tratado, concluída no final de agosto, e na sua operação no início de setembro com autorizações da CNEN.
Outubro de 2023	Barreiras de turbidez são instaladas na Barragem de Águas Claras. Estas barreiras são dispositivos flutuantes que impedem a passagem de partículas sólidas, possibilitando a contenção dos sedimentos e ajudando a proteger o meio ambiente.
Novembro de 2023	ANM faz novas exigências para adequações de barragens das INB. Entre elas estão: apresentar laudo indicando se o material reservado na BNF se enquadra como resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; inserir no SIGBM o mapa de inundação simplificado e, por fim, inserir nos autos do processo o cronograma do Plano de Ação atualizado.
Março de 2024	Após nova inspeção de segurança regular é atestada a estabilidade da barragem D4, porém a barragem de rejeitos segue sem o mesmo atestado. Ambas continuam classificadas como nível 1 de emergência.

Fontes: (Agência Nacional de Mineração, 2023a, 2023b, 2024a; Estado de Minas, 2011, 2011a; G1 Sul de Minas, 2021, 2023; Indústrias Nucleares do Brasil, 2016, 2021, 2021a, 2022, 2019, 2023, 2023a, 2023b, 2023c, 2023d, 2023e; Mapa de Conflitos, 2019; Observatório dos Conflitos Ambientais de Minas Gerais, 2020).

No município de Caldas a atividade ocorreu entre 1982 a 1995, quando então a produção foi desativada. Em meio às estruturas que ficaram no local, encontram-se a cava da mina, contendo lama com resíduos radioativos; uma fábrica de beneficiamento de minério desativada e a própria barragem de rejeitos nucleares, que contém aproximadamente dois milhões de metros cúbicos de rejeitos residuais de urânio, tório e rádio (MPF, 2019).

Desde o início das suas operações na região do planalto de Poços de Caldas, a empresa tem sido contestada por pesquisadores e membros da sociedade civil, que atribuem a diversos

fatores o embasamento para suas desconfianças (Corrêa, 2019). A sociedade, como moradores da região, tem expressado por meio de manifestações públicas, preocupações relacionadas aos riscos e impactos à saúde humana e ao meio ambiente por conta das atividades das INB. Após o registro de denúncias foi realizado, somente em dezembro de 2019, o primeiro simulado externo considerando uma emergência na barragem de rejeitos (INB, 2020).

Em 2023, duas barragens em Caldas, MG não atenderam aos requisitos estruturais para obtenção da Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) e foram classificadas para o Nível de Emergência 1, porém não puderam ser embargadas uma vez que a legislação impede que o conteúdo radioativo seja removido para outros reservatórios (ANM, 2023). Logo, passam por obras urgentes, visto que a Agência Nacional de Mineração estimou que abaixo das construções dessas barragens há até 500 pessoas que podem ser afetadas em caso de rompimento (ANM, 2024).

Ainda que o assunto tem sido mais bem explanado pela mídia local e pelas autoridades em audiências públicas nos últimos meses, devido às mudanças na legislação e na fiscalização, o que não era comum até então, suscita entre a população uma série de questões relativas ao futuro sobre o monitoramento da saúde dos trabalhadores e moradores do entorno, bem como do quadro de contaminação do meio ambiente na região. Resta claro que, neste processo, há uma disputa por recursos naturais, ocasionando, desta forma, uma série de violações de direitos de comunidades tradicionais e de populações que dependem deles para a manutenção da própria vida (Milanez *et al.*, 2013; Souza, 2016).

Neste passo, as questões sociais e ambientais são indissociáveis e apresentam-se como ferramentas para romper com a ideia de que a solução para a desigualdade social está em avanços desenvolvimentistas de cunho capitalista, os quais, continuamente, causam danos às populações mais pobres, inclusive sob uma ótica ecológica. Estas são também as mais afastadas dos lucros provenientes das grandes intervenções e merece a atenção de todos (Leal *et al.*, 2021). Diante do histórico e por entender que em Caldas exista um caráter “antidemocrático” da distribuição socioespacial da degradação ambiental e seus efeitos perversos à saúde, a hipótese neste estudo é de que exista entre os moradores uma conscientização sobre os riscos e impactos socioambientais associados à mineração de urânio.

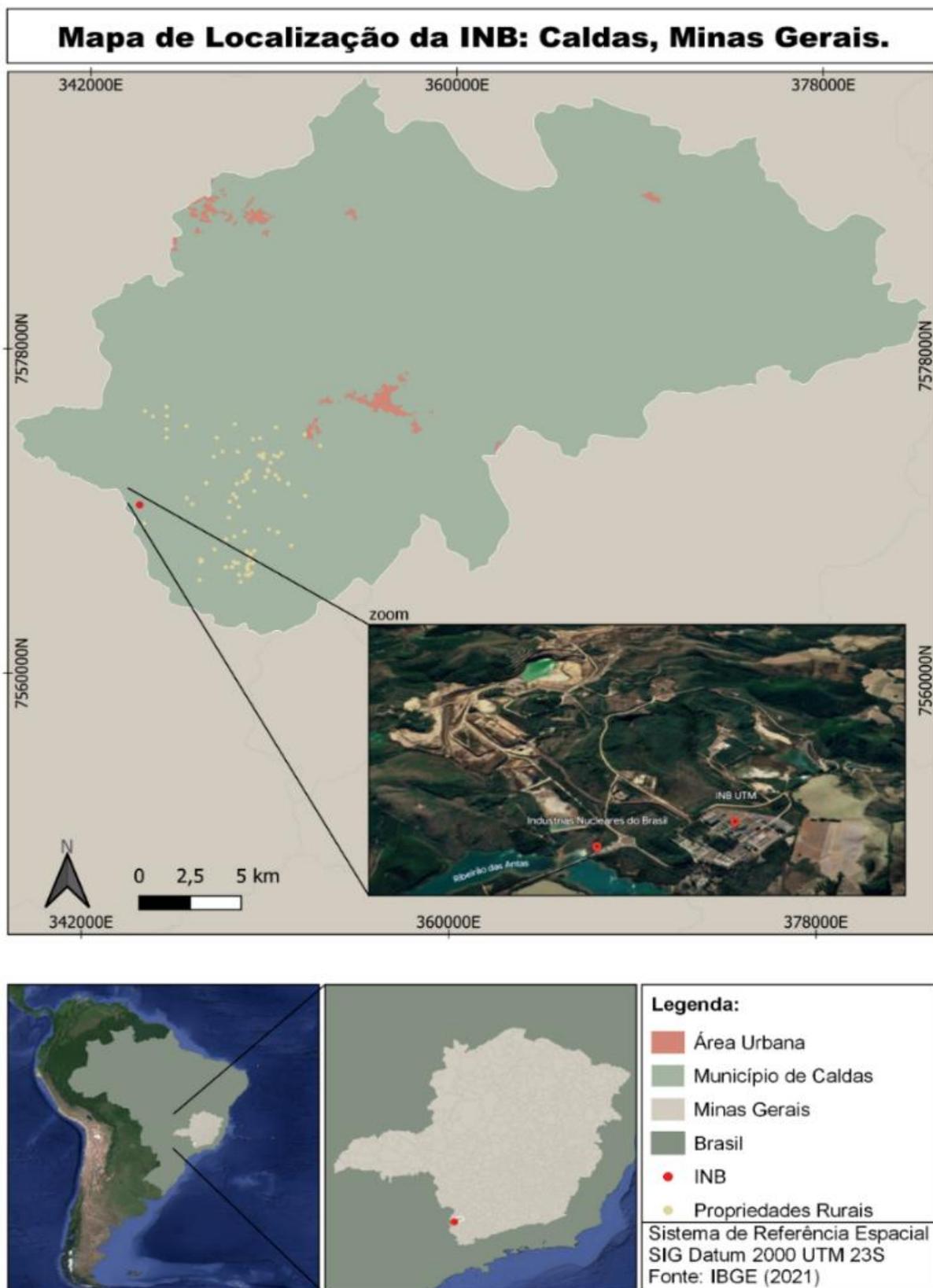
Desta forma, o objetivo do presente capítulo é descrever qual a percepção dos moradores de Caldas, MG em relação aos impactos da mineração no âmbito dos riscos, saúde e meio ambiente.

## **Metodologia**

### **Caracterização da área de estudo**

O cenário da pesquisa foi em Caldas, localizada no sul de Minas Gerais. O município conta com uma população de aproximadamente 14.217 pessoas e densidade demográfica de 19,98 habitantes por quilômetro quadrado (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE Cidades, 2022). Sua economia baseia-se na agropecuária, além de destacar-se no turismo, para quem procura descanso e tranquilidade, com belas paisagens e fontes de águas sulfurosas com propriedades medicinais. Revela em sua história grande diversidade em termos de recursos naturais e caracteriza-se pela extração de minerais metálicos e não-metálicos (Prefeitura Municipal de Caldas, 2024).

Figura 1 – Localização da área de estudo, em Caldas, MG



Fonte: Adaptada pelos autores de IBGE (2021).

## **Métodos e estratégias de pesquisa**

A pesquisa caracterizou-se como descritiva com abordagem quali-quantitativa. Utilizou-se o estudo de caso como estratégia. Conforme Sampaio (2022), o estudo de caso é empregado para relatar um fato com ocorrência singular ou que não tenha sido observado em uma determinada população, podendo ser considerado como gatilho para hipóteses maiores, ampliando possibilidades para novas explorações ou até aprofundamento sobre um conhecimento específico.

A estratégia foi definida pelos autores pensando nas vantagens em criar-se um estímulo a novas oportunidades de descobertas do desenvolvimento da investigação; trabalhar com situações concretas permitindo, se necessário, mudanças favoráveis no caso em estudo; além de procurar relacionar a pesquisa bibliográfica (teoria) com a pesquisa de campo (prática) e não requerer um modo único de coleta de dados, podendo optar pela melhor técnica para o levantamento (Sampaio, 2022).

Não há consenso entre os pesquisadores quanto às etapas de estudos de caso, segundo Gil (2022) elas não se dão numa sequência rígida e seu planejamento tende a ser flexível. O desenvolvimento do estudo de caso da presente pesquisa utilizou-se como base as três fases propostas por Chizzotti (2018): i) seleção e delimitação do caso; ii) trabalho de campo e iii) organização e redação do relatório.

Na 1ª fase, o caso deve ser uma referência significativa para merecer a investigação e, por comparações aproximativas, apto para fazer generalização a situações similares ou até mesmo autorizar inferências em relação ao contexto da situação analisada (Chizzotti, 2018). Nesta etapa, o caso ocorrido em Caldas, MG justificou-se como elemento propício, em que pese seu contexto histórico na região estendendo-se por décadas, seu reconhecimento como primeiro município do Brasil a ter sido explorado o minério e por não encontrar publicações de cunho científico recentes que envolvam a população como protagonistas da pesquisa.

Na 2ª fase, o trabalho de campo objetiva reunir e organizar um conjunto comprobatório de informações. Essas são documentadas, abrangendo qualquer tipo de informação disponível, escrita, oral, gravada, filmada que se preste para fundamentar o relatório do caso (Chizzotti, 2018). No caso, foi definido o questionário como técnica a ser utilizada.

Na última fase, de posse de um volume substantivo de documentos reunidos em campo, é necessário reduzi-los ou indexá-los segundo critérios predefinidos a fim de que se constituam dados que comprovem as descrições e as análises do caso. O estilo de apresentação das informações é opcional. O objetivo do relatório é apresentar os

diversificados aspectos que envolvem um problema, mostrar sua relevância, situá-lo no contexto em que acontece e indicar as possibilidades para modificá-lo (Chizzotti, 2018). Nesta fase, os autores estabeleceram como melhor ferramenta a Análise de Conteúdo, explicitada mais adiante.

Cabe salientar, por fim, que entre as diferentes categorias o presente estudo de caso enquadra-se no tipo situacional, ou seja, este tipo refere-se a situações específicas que ocorrem na sociedade e permite ao pesquisador conhecer os pontos de vista e as circunstâncias que são pertinentes aos sujeitos envolvidos (Sampaio, 2022).

### **Técnica de levantamento de dados**

A técnica de pesquisa empregada foi o questionário com questões mistas. O questionário na íntegra pode ser visualizado no Apêndice A. Este foi aplicado para moradores selecionados por método estatístico, juntamente com um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Ambos foram submetidos e aprovados previamente pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas, recebendo o Parecer Consubstanciado nº 5.922.071, em 02 de março de 2023 (Anexos A e B).

Entretanto, para melhor aproveitamento e compreensão, devido à idade, escolaridade e modo de vida dos participantes, o questionário não foi aplicado de maneira convencional, em que o respondente se submete de forma autônoma. A sua aplicação foi presencialmente, onde o sujeito apresentou suas respostas verbalmente e a pesquisadora as escreveu, semelhante à técnica de formulários, porém com estrutura de questionário (Mendonça, 2014; Gil, 2019; Sampaio, 2022).

O questionário contou com perguntas fechadas e perguntas abertas dependentes, ou seja, estas últimas só fizeram sentido para alguns respondentes pois estava vinculada à resposta anterior (Gil, 2019). Importou-se, sempre, com uma linguagem clara, precisa e simples para entendimento do participante e para a não indução de suas respostas.

A escolha por questionário deu-se por diversas razões, entre elas o fato de ser menos dispendioso, poder ser aplicado a um grande número de pessoas simultaneamente e deixar os pesquisados mais à vontade para exprimir suas opiniões (Goldenberg, 2004). Após uma breve apresentação a respeito da importância da pesquisa e um esclarecimento sobre como ocorreria o procedimento, a pessoa convidada ficou à vontade para participar ou não.

As perguntas do questionário foram divididas estrategicamente em três grupos. As cinco primeiras perguntas relacionaram-se às variáveis socioeconômicas como idade, gênero, raça, situação de emprego e nível educacional, com alternativas únicas de respostas. Em

seguida, as perguntas 6, 7 e 8 objetivaram inteirar se o participante tinha conhecimento sobre os riscos da mineração de urânio, se recordava ter vivenciado alguma situação de risco e se foi informado alguma vez sobre isso; se as respostas foram positivas para as últimas, foi perguntado quais eram as situações experienciadas e por quais meios de transmissão a informação chegou até ele. Por fim, as questões 9 e 10 relacionaram-se com a percepção dos participantes quanto às alterações no meio ambiente próximo e na saúde da família ou comunidade imediata.

### **Amostragem da pesquisa**

A população selecionada para estudo e aplicação dos questionários foram residentes na região do entorno da empresa mineradora INB, tanto da zona rural, quanto da zona urbana do município de Caldas, MG para melhor representação amostral.

Para obtenção dos dados empíricos, utilizou-se como critérios de seleção para participação pessoas com idade superior a 40 anos, tendo como referência o ano de 1982, ano da implantação das INB em Caldas, MG. Foi realizada a amostragem da população, haja vista a impossibilidade de entrevistar todos os habitantes. Escolheu-se a pesquisa domiciliar para abordagem dos participantes, já que ela pode promover a aproximação das realidades investigadas e aprimorar o detalhamento de assuntos estudados (United Nations - UN, 2008). A amostra foi definida em número que minimizou a probabilidade de erro, possibilitando a representatividade das opiniões obtidas. Para o cálculo, foram consultados os dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010 da população maior de 40 anos de Caldas, MG, sendo esta constituída por 6.094 pessoas. Neste sentido utilizou a equação para tamanho de amostras de populações finitas, onde a margem de erro calculada referiu-se à 0,05, com desvio padrão de 0,5, intervalo de confiança de 95%, com escore z de 1,96.

$$\text{Tamanho da amostra} = \frac{\frac{z^2 \times p (1-p)}{e^2}}{1 + \left( \frac{z^2 \times p (1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Onde: N = tamanho da população; Z = escore z; e = margem de erro e o p = desvio padrão.

Desta forma, o resultado no cálculo foi 362 pessoas.

## **Interpretação e análise dos dados**

Para análise dos dados coletados utilizou-se a adaptação da Análise de Conteúdo. Para Bardin (1977), a Análise de Conteúdo pode ser utilizada como uma ferramenta para a compreensão da construção de significados que os sujeitos exteriorizam no discurso, ou “instrumento metodológico interpretativo”. A Análise de Conteúdo desempenha uma importante função nas investigações no campo das pesquisas sociais, pois analisa com profundidade a questão da subjetividade, ao reconhecer a não neutralidade entre investigador, objeto de pesquisa e contexto. O que não a descredencia no aspecto da validade e do rigor científicos, visto que possui *status* de metodologia, com princípios e regras bem sistematizados (Cardoso *et al.*, 2021).

A Análise de Conteúdo adaptada à realidade da presente pesquisa consistiu em três fases: i) pré-análise, ii) exploração do material e iii) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Essas técnicas possibilitaram a organização do material de modo a sistematizar e explicar os dados obtidos, primeiramente verificando a frequência de caracteres semelhantes, em seguida, em categorias qualitativas.

A primeira fase, consistiu em realizar a escolha e organização do material por meio de uma “leitura flutuante”, onde se formularam hipóteses e objetivos. Nem todos os documentos selecionados inicialmente fizeram parte da amostra, mas não se pôde deixar de fora elementos importantes. A amostragem diz-se rigorosa se a amostra for uma parte representativa do universo inicial (Cardoso *et al.*, 2021). A hipótese é optativa, podendo ou não aparecer.

Na segunda fase, de exploração do material obtido, foram escolhidas unidades de codificação e os procedimentos passaram por um recorte para a seleção de regras de contagem, de enumeração e de escolha de categorias (Bardin, 1977).

A terceira e última fase, denominada tratamento dos resultados e interpretação, compreendeu a atribuição de significados ao material bruto, interpretando-o para demonstrar diversos sentidos que se encontraram “por trás do imediatamente apreendido”. É importante salientar que, apesar de ser necessário o rigor metodológico dessas fases para haver a concretização da Análise de Conteúdo, existem diversas variações na forma de conduzi-las, a critério do pesquisador e do tipo de material que está sendo analisado (Câmara, 2013).

O desenvolvimento da análise foi dividido em três partes distintas, porém complementares. A primeira parte tratou do tema relacionado à percepção dos moradores quanto aos riscos. No segundo momento, a análise foi direcionada ao meio ambiente e à saúde e, por fim, a terceira, à conclusão. Importante salientar que as respostas analisadas consistem em percepções dos entrevistados a respeito desses objetos. Leff (2014) ressalta que os saberes

e as percepções são condicionados pelos contextos geográfico, ecológico e cultural em que se constroem e se desenvolvem as formações sociais. Estudos de percepção ambiental são importantes estratégias para conhecer a relação entre ser humano e natureza, a fim de proporcionar ao sujeito o estudo crítico das questões ambientais (Zanini *et al.*, 2021). As percepções de cada indivíduo são dadas a partir de reflexos do espaço (lugar) vivenciado por ele. Logo, a subjetividade é o componente responsável por diferentes percepções sobre um mesmo objeto (material ou imaterial). Cabe destacar, portanto, de que “não existe percepção errada ou inadequada, existem sim, percepções diferentes, condizentes com o espaço vivido (Oliveira, 2006, p. 35).

Para a realização da análise similar à Análise de Conteúdo de Bardin (1977), por meio dos trabalhos publicados nos últimos cinco anos (Barcellos *et al.*, 2019; Credo *et al.*, 2019; Noal *et al.* 2019; Kelly-Reif *et al.*, 2020; De Paula, 2020; Scotto, 2021; Alvez e Souza Filho, 2022; Coombs *et al.*, 2022; Bolt, 2022; Serrano e Rêgo, 2023), para atualidade do assunto, foi possível identificar diversos indicadores com relação ao tema proposto. E, assim, selecionar os mais próximos do referencial teórico relacionados especificamente aos riscos, ao meio ambiente e à saúde (Quadro 2).

Quadro 2 – Categorias selecionadas no estudo e palavras-chave identificadas para a apropriação da Análise de Conteúdo

<b>Categorias</b>	<b>Palavras-chave</b>
<b>Riscos</b>	Acidentes; agentes cancerígenos; ameaças; câncer; conflitos ambientais; consequências; contaminação; cultura; danos; degradação; desastre; desigualdades; desinformação; direitos; disputa, ecossistemas; erosão; exposição; falhas; impactos; incerteza; injustiças; irregularidades; lutas; malefícios; meio ambiente; mortalidade; poluição; preocupações; radiação; radioatividade; radônio; recursos hídricos; responsabilidade; riscos tecnológicos; saúde; segurança; temores; terra; trabalho; transparência; urânio; vidas; violações.
<b>Meio ambiente</b>	Acidentes; agricultura; água potável; água; animal; ar; atmosfera; conscientização; conservação; contaminação; degradação; ecossistemas; efluentes; equilíbrio; exploração; extração; gás radônio; impactos; infrações; injustiça socioambiental; irrigação; mineração; minério; monitoramento; mudanças climáticas; natureza; pecuária; poluição; preservação; proteção; radiação; recurso hídrico; recursos; rejeito; risco; segurança; sistema hídrico; solo; sustentabilidade; terra; urânio; vazamentos; vegetação; vegetal.
<b>Saúde</b>	Agravos; ansiedade; atenção básica; campanhas; câncer; contaminação; crises; cuidados; danos; dermatites; diabetes; diarreias; doenças; efeitos; emergência; estresse; exposições; gastroenterites; hipertensão; hospital; impactos; incertezas; infecções; mortalidade; necessidades; óbitos; parasitoses; perdas; prevenção; problemas de saúde; recuperação; riscos; saúde mental; saúde pública; silicose; sofrimento emocional e psíquico; suicídio; vacinação; vigilância epidemiológica e sanitária.

Fonte: elaborado pelos autores.

Também foi utilizada a técnica de mineração de textos, método interdisciplinar que

envolve áreas de recuperação de informação, aprendizagem de máquina, estatística, linguística computacional e mineração de dados (Hotho *et al.*, 2005). Consiste em explorar e identificar termos relevantes em um grupo textual ou documental, bem como estabelecer padrões textuais e desenvolver grupos temáticos de assuntos pela frequência de aparecimento de termos no domínio a ser analisado (Serapião *et al.*, 2010).

Considerando a quantidade expressiva de dados gerados, um *software* de análise textual pode facilitar e ser útil na análise. Nesse sentido Bauer e Gaskell (2015, p. 395) apontam que “o processo de pesquisa qualitativa gera, muitas vezes, quantidades enormes de transcrições de entrevista, protocolos, notas de campo e documentos pessoais que, se não forem trabalhados de maneira correta, podem resultar em uma sobrecarga de dados”. Por isso, além de facilitar, o *software* é uma maneira de tornar mais eficiente o processo de tratamento dos dados, já que o tratamento manual inclui a chance de perda de informações.

Dentre os programas disponíveis, foi escolhido para a presente pesquisa o IRaMuTeQ (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*), pois trata-se de um *software* gratuito e que não exige do pesquisador um conhecimento prévio de programação computacional ou de estatística. Para Almico e Faro (2014) o IRaMuTeQ é um método informatizado para análise de textos, que busca apreender a estrutura e a organização do discurso, informando as relações entre os mundos lexicais mais continuamente pronunciados pelo sujeito. Ele se ancora no ambiente estatístico do *software* R e na linguagem *python* (Camargo e Justo, 2013).

O IRaMuTeQ viabiliza diferentes tipos de análises de dados textuais, desde a lexicografia básica até análises multivariadas. As funcionalidades exploradas e julgadas adequadas para o presente caso foram:

- i) Análise de especificidades: é a associação direta dos textos do banco de dados com variáveis de caracterização (Camargo e Justo, 2013).
- ii) Análise de similitude: baseia-se na teoria dos grafos, possibilita identificar as coocorrências entre as palavras e seu resultado traz indicações da conectividade entre as palavras que compõem a estrutura textual (Camargo e Justo, 2013).
- iii) Nuvem de palavras: trata-se de uma organização gráfica das palavras em função da sua frequência. É simples, porém graficamente bastante interessantes na medida que possibilita instantânea identificação das palavras-chave de um *corpus* (Camargo e Justo, 2013).

A mineração de textos foi realizada na temática de riscos, especificamente das

respostas das perguntas dependentes das questões 7 e 8, que se referiram a quais riscos os moradores de Caldas já sofreram e como foram informados sobre os riscos expostos no município.

## **Resultados e Discussão**

### **Perfil socioeconômico dos entrevistados**

Foram entrevistados 365 moradores pela pesquisadora, no período entre julho a novembro de 2023. Considerando a faixa etária delimitada para a amostra da pesquisa, obteve-se a maioria de participantes com idade entre 61 a 70 anos, representando 29,9% do total. Em relação ao gênero dos respondentes, 207 pessoas (aproximadamente 57%) reconheceram-se pertencer ao gênero feminino e 43% do gênero masculino. A identificação segundo a cor da pele dos entrevistados foi de aproximadamente 78% que se autodeclararam brancos, seguido por 16% pardos e 5% pretos. Isso corresponde a 285, 59 e 19 pessoas, respectivamente. Uma pessoa autodeclarou-se indígena e outra, amarela. Quanto ao local de residência verificou-se a partir das respostas que a maioria reside na zona urbana, 275 pessoas exatamente, aproximadamente 75%. Os dados apontaram que 49% dos entrevistados eram aposentados, representando 179 deles. Seguidos por 96 pessoas que se encontravam no momento da pesquisa trabalhando como autônomas, 50 empregadas com registro e 40 desempregadas. No que diz respeito à escolaridade dos entrevistados, aproximadamente 50% deles não possuem o Ensino Fundamental completo e somente 5,8% possuem um nível de ensino com uma Pós-Graduação.

### **Análise da percepção dos moradores de Caldas sobre exposição aos riscos**

De forma geral, 79,5% dos participantes afirmaram ter conhecimento sobre os riscos ocasionados pela mineração de urânio, 83% confirmaram não terem sofrido algum tipo de risco, enquanto 15% tem dúvidas, optando pelo “Talvez”. Somente 2% responderam que já sofreram. No entanto, 65% afirmaram terem sido informados sobre eles.

Os participantes que responderam “sim” ou “talvez” à pergunta 7 foram interrogados sobre qual ou quais riscos eles ou os familiares consideravam que sofreram. Das 56 respostas, foi possível identificar que uma das maiores preocupações dos moradores se refere aos potenciais problemas de saúde causados pela radiação, contaminação da água e do ar. Das quatro palavras encontradas nas falas dos respondentes, três delas correspondem às enquadradas na categoria de riscos, são elas “poluição”, “radiação” e “água”, repetidas 10

vezes.

Observou-se uma relevante frequência das palavras referentes a “câncer” (falada 34 vezes) e “morte” (falada oito vezes) por eles. Houve relatos de doenças e mortes, inclusive, de trabalhadores da INB. Ainda com relação à saúde, alguns moradores manifestaram preocupações sobre as condições observadas em suas peles:

*Minha mãe sentiu na pele. Um ressecamento fora do comum. E proibiu a gente de nadar na cachoeira do Bacião, conhecido como Rio Soberbo. (Respondente 104, morador da zona rural)*

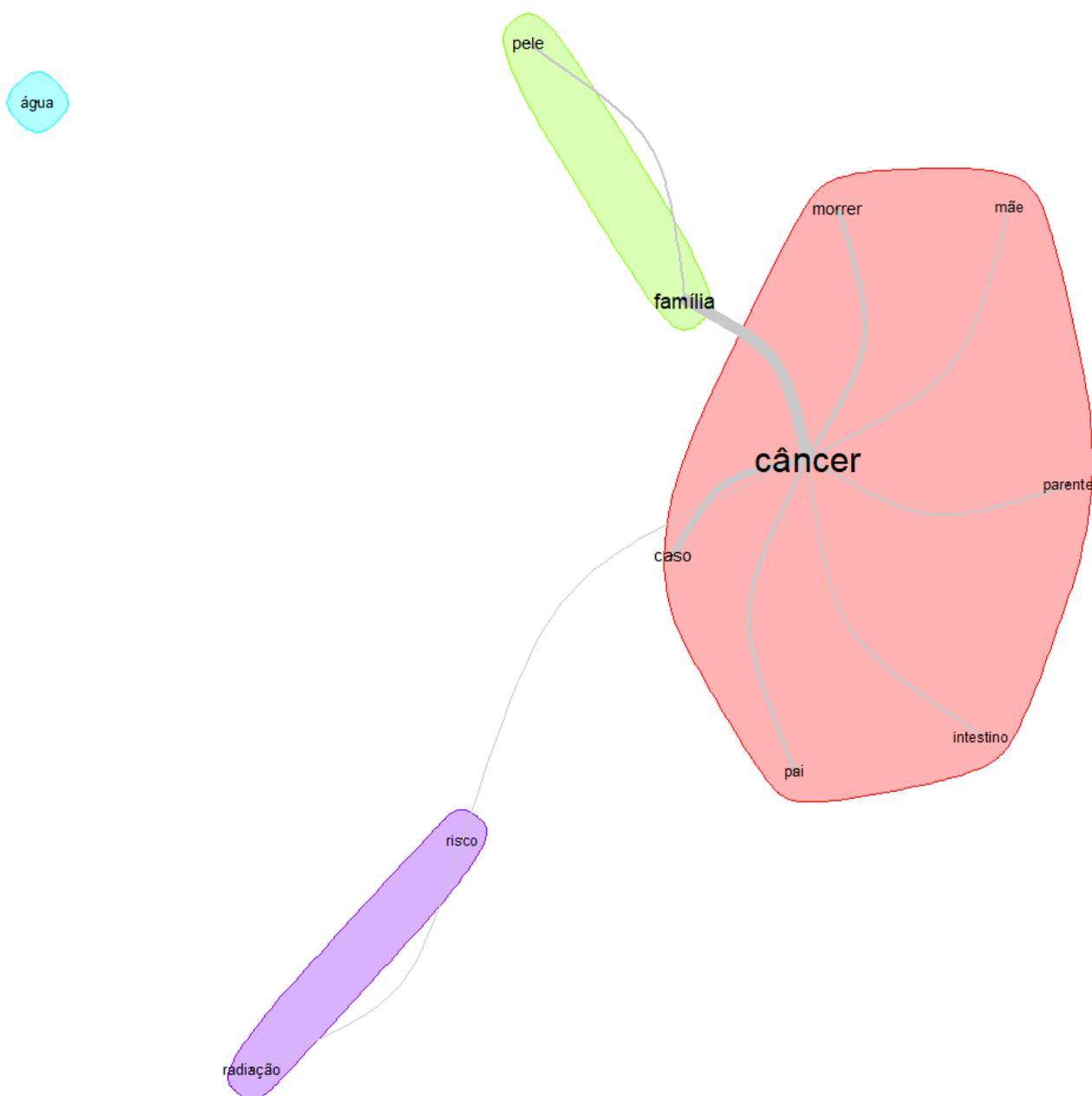
*Tá saindo manchas na minha pele. De uns quatro anos pra cá. (Respondente 188, moradora da zona rural)*

*Tenho uma lesão na pele, foi levado para biópsia. (Respondente 225, morador da zona urbana)*

Foi percebido que a temática sobre os riscos no entorno da mineração de urânio em Caldas é um assunto ainda não muito tocado por alguns membros da comunidade local. A grande maioria respondeu saber quais são os riscos envolvidos neste processo, porém, quando indagados se já sofreram ou se conhecem alguém próximo afetado por eles, notou-se um silêncio e, por ser mais confortável, a opção por responder negativamente ao questionamento. Mesmo deixando claro que a participação na pesquisa era anônima e sem qualquer prejuízo ou risco, percebeu-se que a situação se deu, em alguns momentos, por conta de terem “conhecidos” que trabalham na INB e preferirem não se comprometer. Conformam-se com um discurso recorrente de que o risco “faz parte” da jornada de trabalho e que é inconcebível falar algo sobre a empresa, visto que ela oferece emprego para a comunidade. Ficou claro que a geração de empregos (ainda que pequena) tem sido utilizada como um argumento legitimador de empreendimentos como esse. Para alguns respondentes, o emprego seria um benefício ao local e compensaria a mineração.

Para ilustrar os riscos reconhecidos pelos moradores respondentes que afirmaram terem sofrido, foi realizada a análise de similitude (Figura 2).

Figura 2 – Análise de similitude: Qual ou quais foram os riscos sofridos advindos da mineração de urânio reconhecidos pelos moradores de Caldas, MG



Fonte: Elaborado pelos autores.

O gráfico de similitude apresenta as ligações existentes entre os termos mencionados pelos respondentes. A análise revelou que o termo mais expressivo “câncer” tem maior conexão com as palavras “família”, “caso”, “morrer” e “pai” (o *software* utiliza o verbo no infinitivo como “morrer” para agregar as expressões usadas como “morte” ou “morreu”, que foram relatadas). Confirmando assim por consulta ao *corpus*, que houve relatos de casos de câncer e mortes por esse motivo em familiares próximos dos respondentes. Nesta análise, também se manifestaram riscos associados aos recursos hídricos, mas ainda manteve distante

das abordagens mais reconhecidas pelos moradores, na representação gráfica observa-se que é o único grupo sem nenhuma comunicação com o grupo principal. A água, como elemento essencial, presente no cotidiano da população, não foi vista próxima a ponto de ser tão lembrada nas respostas. A Figura 3 mostra a nuvem de palavras produzida a partir das respostas à essa questão.

Figura 3 – Nuvem de palavras: Qual ou quais foram os riscos sofridos advindos da mineração de urânio reconhecidos pelos moradores de Caldas, MG



Fonte: elaborado pelos autores.

Acredita-se que no primeiro momento a resposta à essa questão do conhecimento foi positiva e depois não mais aprofundado, por ser realmente um assunto não muito divulgado para a população. Embora, a pergunta dependente da questão 8, dirigia-se às pessoas que responderam “sim” anteriormente, seis pessoas que disseram “não”, informaram nesta pergunta que é raro quem fala sobre isso de forma direta e clara, que só ficam sabendo quando passa na televisão ou se procuram mais a fundo por conta própria. As estratégias de

comunicação para esclarecimentos ainda são poucas aproveitadas no local e concentram-se majoritariamente ao telejornal regional e às redes sociais. No jornal, é utilizada uma linguagem inacessível à comunidade, com parecer técnico dos órgãos especializados envolvidos, além de ser dado espaço para as retratações da empresa que, por sua vez, sempre ameniza os possíveis danos aos telespectadores. Nas redes sociais, o tema poderia ser também mais bem divulgado, porém, infelizmente, vê-se uma dispersão de informações com fontes inseguras sendo compartilhadas com a divisão de opiniões políticas e acaloradas entre os usuários.

Para as respostas da pergunta dependente da questão 8, corroborou-se a afirmação feita anteriormente, em que os meios de comunicação de massa ou mídia foram os mais citados, seguidos por comentários da comunidade local, falas de autoridades públicas, entre outros, e por último lugar, por iniciativa da própria INB, como pode ser visto no Quadro 3. Nesta questão os respondentes puderam falar mais de uma fonte de informação, por exemplo: “Televisão, internet e comentários da comunidade”.

Quadro 3 - Excertos das respostas dos moradores à pergunta dependente da questão 8 sobre como foram informados dos riscos em que estão expostos (questão 8). Sendo ZU: zona urbana; ZR: zona rural e o numeral: identificação para o respondente

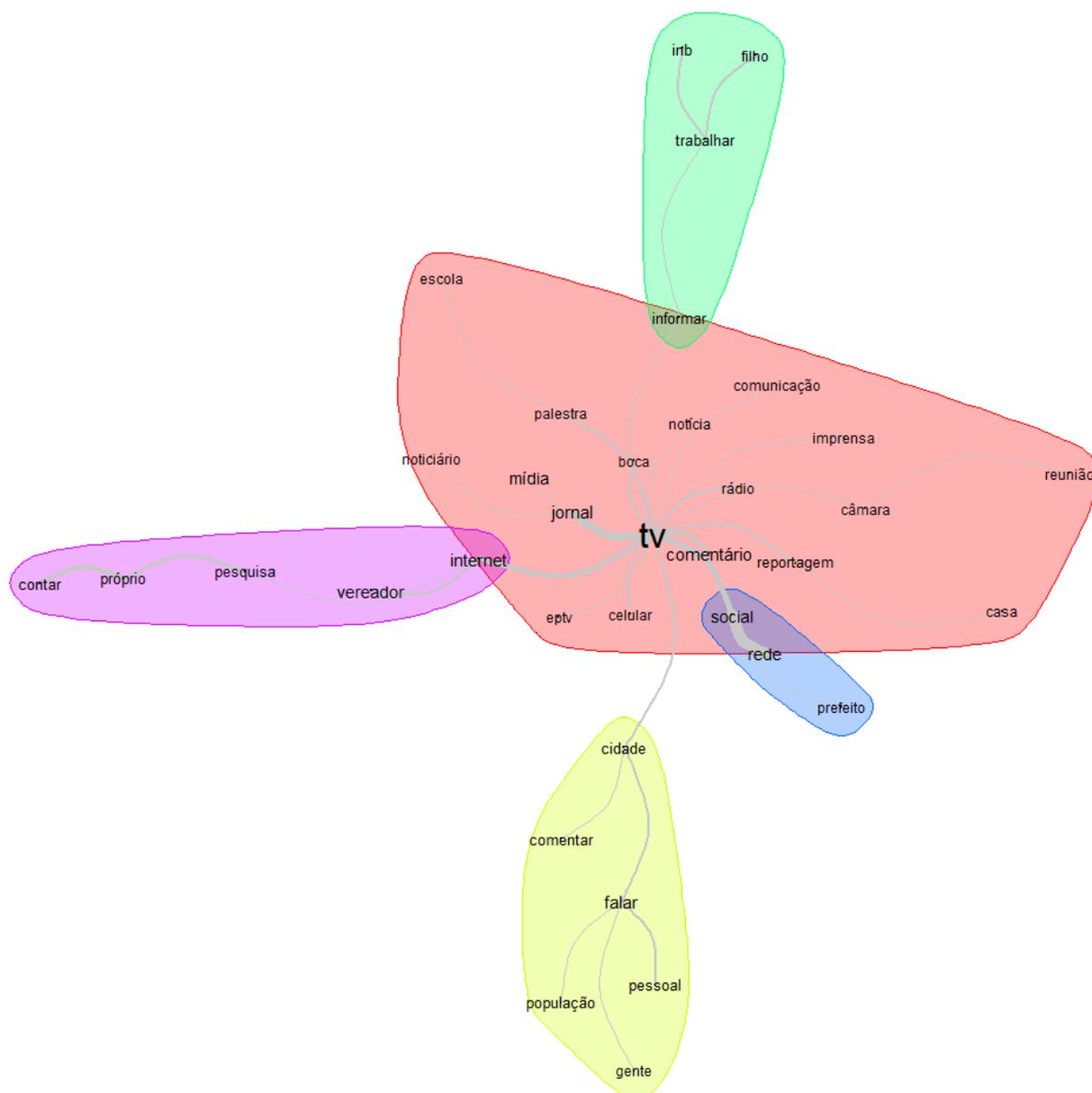
Fonte da informação e número de vezes mencionados	Respondentes		Excertos
	ZU	ZR	
Meios de comunicação de massa ou mídia (197 vezes)	105		<i>Pelo rádio.</i>
	123		<i>Através da TV. Reportagens.</i>
	159		<i>Pelo WhatsApp.</i>
	305		<i>Através da imprensa.</i>
	356		<i>Pelas redes sociais e reportagens na TV.</i>
Comunidade local (44 vezes)	53		<i>Um médico falou há muito tempo.</i>
	78		<i>Escuto pela população.</i>
		175	<i>Pessoas da cidade falaram.</i>
		188	<i>O povo comenta.</i>
	309		<i>Tem um pessoal contra na cidade que fala.</i>
Autoridades públicas (22 vezes)		59	<i>Prefeitura e Secretaria da Saúde.</i>
		99	<i>Pelo meu cargo de vereador.</i>
		151	<i>Agora que estão falando. A prefeita de Andradas.</i>
	256		<i>Pelo vereador tal* e o prefeito.</i>
Pesquisas e estudos (11 vezes)		288	<i>Pelo CODEMA, fui presidente. E pela Câmara.</i>
		268	<i>Pesquisa por conta própria na internet.</i>
	271		<i>Por meio de leituras.</i>
	300		<i>Estudos.</i>
	329		<i>Pesquisas, estudos e redes sociais.</i>
	346		<i>Pesquisa na internet, por conta própria e em</i>

			<i>livros.</i>
Trabalhadores da INB (10 vezes)	29		<i>Já trabalhei na INB e fui informado dos riscos.</i>
	42		<i>Parente trabalhou lá [...].</i>
	60		<i>Meu primo trabalhou lá e conversou um dia comigo sobre isso, foi na época da tragédia de Brumadinho.</i>
		152	<i>Trabalho lá.</i>
	239		<i>Pelo engenheiro da empresa.</i>
Reuniões (7 vezes)	10		<i>[...] em reuniões (políticas).</i>
	193		<i>Reuniões na Câmara [...].</i>
	245		<i>Palestras de um grupo. Mais ou menos 15 anos atrás.</i>
	280		<i>[...]Palestras na cidade e internet [...].</i>
	362		<i>Reuniões do comitê do PT na cidade.</i>
Familiares (6 vezes)	07		<i>Meu irmão mais estudado que me ensinou.</i>
	34		<i>Nas conversas com a família.</i>
		126	<i>[...] e meu filho que trabalha na INB comenta.</i>
	165		<i>Pelos filhos.</i>
	192		<i>Na escola que minha filha trabalha ela foi informada e passou.</i>
	07		<i>Meu irmão mais estudado que me ensinou.</i>
Visita à INB (3 vezes)	40		<i>Fomos uma vez, veio uma areia monazítica e aí teve passeata para não vir o minério para cá.</i>
	100		<i>[...] Já fui na INB em uma festa.</i>
	357		<i>Já fui lá [...]</i>
A empresa (3 vezes)		171	<i>INB avisava.</i>
		237	<i>Palestras na escola que a INB fazia tentando amenizar [...].</i>
	264		<i>[...] O pessoal da INB fala, uma vez por ano mais ou menos e olhe lá.</i>

Fonte: elaborado pelos autores. (\*Nome não divulgado em respeito ao sigilo ético).

Para complementar e validar o que foi apresentado até o momento sobre as fontes de informação, foi realizada a análise de similitude dessa questão (Figura 4).

Figura 4 - Análise de similitude: Como os moradores de Caldas, MG foram informados sobre os riscos que estão expostos



Fonte: elaborado pelos autores.

Assim como os resultados observados sobre como os moradores de Caldas obtiveram informações sobre os riscos que estão expostos, a análise de similitude indica que o meio de comunicação mais abordado pelos respondentes foi a televisão (TV), especificamente nos jornais. Observa-se uma familiaridade desse grupo maior de palavras com o segundo grupo de “redes sociais” e nota-se que as pesquisas por conta própria mencionadas pelos respondentes se dão por meio da “internet”. Por outro lado, os grupos mais distantes, ou seja, menos falados, foram as informações vindas pela INB e pela população na cidade, revelando uma limitação de comunicação por parte da empresa caracterizando que a empresa precisa

melhorar sua comunicação com a comunidade local. Foi realizada a nuvem de palavras para a referida questão, indicando em letras maiores os termos mais repetidos pelos moradores de Caldas (Figura 5).

Figura 5 - Nuvem de palavras: Como os moradores de Caldas, MG foram informados sobre os riscos que estão expostos



Fonte: elaborado pelos autores.

Nas falas dos moradores atentou-se que os riscos da mineração de urânio, identificados por eles, envolvem pelo menos dois aspectos que estão bastante entrelaçados: o da saúde pública e o da contaminação ambiental, assim ambos os temas serão abordados mais adiante em outras questões específicas também aplicadas no questionário. Neste momento, faz-se importante refletir sobre o que foi compartilhado nos discursos dos moradores de que ao mesmo tempo que eles afirmam ter conhecimento sobre os efeitos da mineração de urânio no ambiente, eles próprios não se percebem como pertencentes desse lugar. É como se não estivessem envolvidos em um ambiente contaminado e só seriam afetados, por exemplo, por

alguma tragédia visível, algum acidente nuclear ou por uma doença grave. Alguns respondentes enxergam os riscos somente para os que trabalham na empresa, outros sequer isso.

Esta percepção remete ao trabalho de Beck (2011), que assim como os riscos tecnológicos da modernidade analisados por ele em *Sociedade de Risco*, para a grande parte da população, os riscos da mineração extrativista são invisíveis. Beck (2011) destaca que uma das características dos riscos civilizatórios, como por exemplo a radioatividade, é a de subtraírem a percepção, pois esses não são percebidos aos nossos sentidos, como olfato e visão.

Tal invisibilização é oportunizada pela própria empresa exploradora. Essa análise dos dados leva à reflexão justamente sobre até que ponto os riscos imperceptíveis podem ser tornados publicamente invisíveis e inobserváveis? E em que medida a política da invisibilidade produz uma situação de ignorância do risco existencial? (Beck, 2018).

Nesse sentido, Scotto (2021) relembra que os riscos imperceptíveis se tornam continuamente invisíveis pelas indústrias que os produzem, que por sua vez recebem auxílio de órgãos administrativos que não as regulam. Em alguns casos, inclusive, nem demandam de caras campanhas publicitárias, somente o fato de não fazer nada já se tornam eficaz e alcança o objetivo.

No processo de fabricação da invisibilidade – isto é, na política da invisibilidade – a invisibilidade natural pode ser instrumentalizada. Não fazer nada ativamente é a estratégia política mais barata, eficaz e poderosa para “simular” a controlabilidade de riscos incontroláveis e catástrofes indefinidas, como radiação e mudança climática (Beck, 2018).

Todas as respostas e os caminhos percorridos nesta pesquisa, e os que ainda necessitam de aprofundamento, revelam um projeto arquitetado para este fim. Por exemplo, em relação à forma como as pessoas recebem e buscam informações sobre os riscos, também se revelou preocupante, visto que os modos de comunicação pública adotados pelas INB ao tratar dessas questões ambientais e de saúde pública são falhos, porém planejados. Entre os relatos, a iniciativa da empresa de informar à população ficou em último lugar, quando se contabilizou a frequência das respostas. Embora, o outro extremo das redes de comunicação de massa, também não representam algo positivo, visto a qualidade das informações consumidas, pelo menos parece ser mais ativa. Ao acessar, por exemplo, a página eletrônica oficial das INB, o leitor deparar-se-á com imagens que remetem ao cuidado e zelo. São fotos de ações educativas com a comunidade e escolas, que transmitem a ideia de uma empresa responsável e compromissada socio-ambientalmente, totalmente contrária com o que foi

relatado pelos moradores.

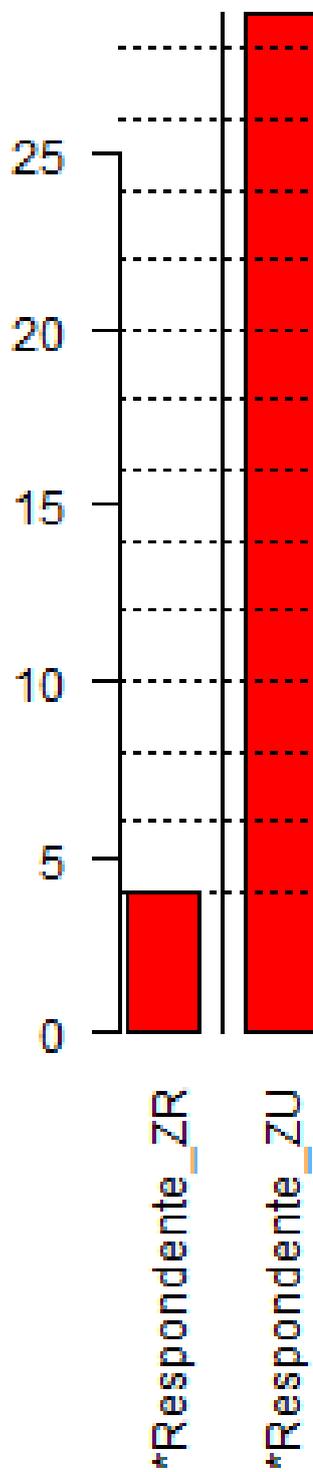
De Paula (2020) corrobora essa abordagem ao visitar às instalações do “Espaço INB” em Caetité, onde a energia nuclear é divulgada, indubitavelmente, como um salto tecnológico e uma condição para o desenvolvimento. De acordo com essa concepção abordada pelas INB, em Caldas, MG com a população, nas reportagens locais, na internet e em Caetité, a energia nuclear é divulgada como limpa, segura e eficiente, quase sem riscos ou efeitos colaterais.

De Paula (2020) evidencia que as INB utilizam de estratégias, até em material impresso, para retirar certo caráter de excepcionalidade da energia de matriz nuclear e contribuir, assim, para mitigar possíveis temores seletivos do público diante do tema. É abordado também o fato curioso da atribuição de um adjetivo pátrio ao urânio, como se o mineral tivesse uma nacionalidade. O tom nacionalista dado ao urânio brasileiro é atrelado à soberania e ao progresso nacionais, recentemente divulgado também nas mídias do governo federal (MRE, 2024).

Dessa forma, leva-se a entender que, de maneira geral, as INB em vez de estabelecerem um diálogo horizontal com a comunidade local, adotam um raciocínio reducionista, protegidos de qualquer tipo de questionamento e negacionista relativos aos riscos, seja da mineração e do beneficiamento de urânio, seja da energia nuclear (De Paula, 2020). Neste sentido, demonstra-se que as práticas da empresa e sua relação com o município são apenas de convencimento e persuasão de que são atendidos os requisitos técnicos de segurança e não há motivos para debate, constroem uma narrativa para que assim sejam minimizados os receios e incertezas da população e por consequência sejam abafadas as controvérsias e os modos de participação democráticos.

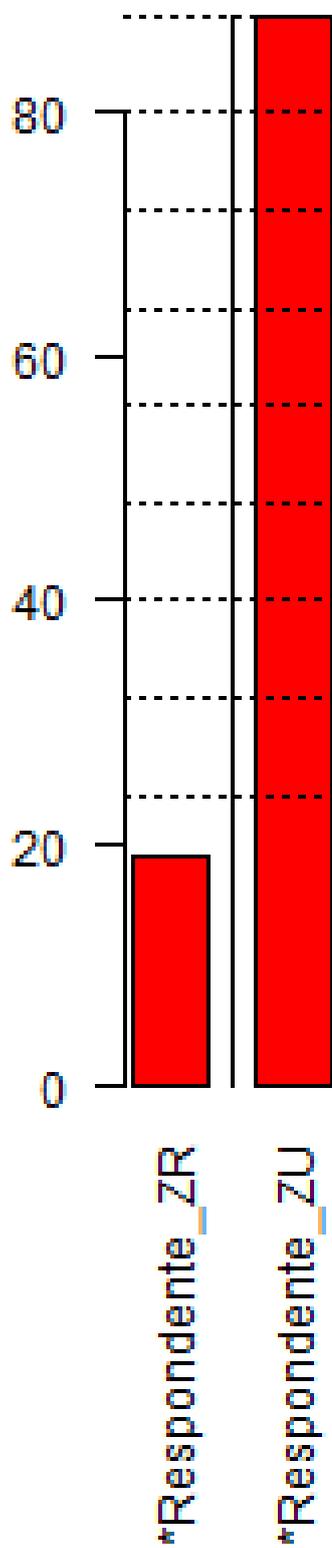
É válido por fim na temática dos riscos, verificar como cada grupo de entrevistados, respondeu às questões 7 e 8, dependentes abertas. Para isso, foi realizada a análise de especificidades que permite a identificação das diferenças no uso do vocabulário por cada um dos grupos. Essa análise foi aplicada para os moradores da zona rural e zona urbana e está representado nas Figuras 9 e 10. Nota-se que em todos os casos, as palavras “câncer” e “TV” são mencionadas por todos os grupos, a frequência é diferente devido ao número de entrevistados totais: 24,7% dos participantes residem na zona rural e 75,3% na zona urbana. Nesta análise, conclui-se que os moradores informaram os mesmos termos em suas respostas, não havendo diferença para a localidade de residência.

Figura 6 – Análise de especificidades: frequência da palavra “câncer” nas respostas dos moradores da zona urbana e rural do município de Caldas (onde: ZR: Zona rural e ZU: Zona urbana)



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 7 - Análise de especificidades: frequência da palavra “TV” nas respostas dos moradores da zona urbana e rural do município de Caldas (onde: ZR: Zona rural e ZU: Zona urbana)



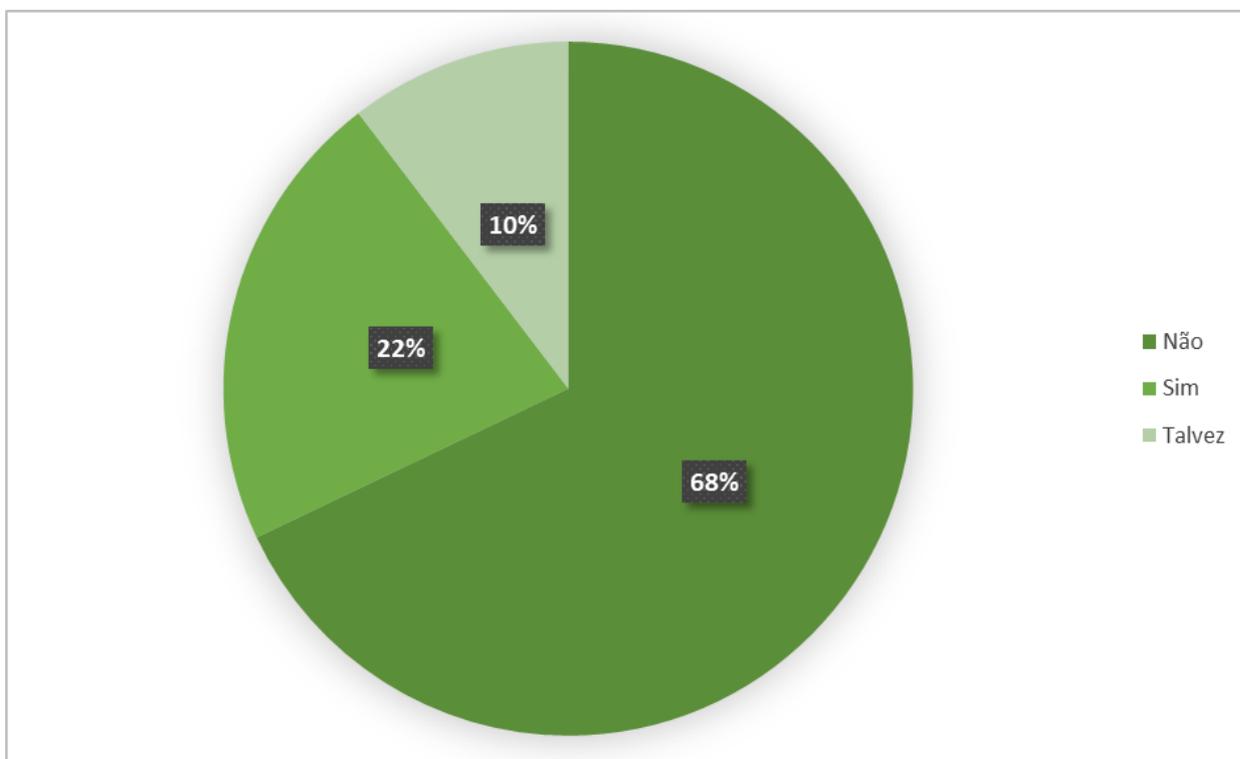
Fonte: elaborado pelos autores.

### **Análise da percepção dos moradores de Caldas sobre as alterações no meio ambiente e na saúde após instalação da mineradora**

Foram selecionadas as perguntas 9 e 10 do questionário que atendem ao objetivo do capítulo e posteriormente desenvolvidos quadros com categorias e as respectivas palavras-chave mais utilizadas em falas dos entrevistados nas perguntas abertas dependentes.

Para a pergunta 9 foi constatado que a maioria dos respondentes não observou mudanças (Figura 8).

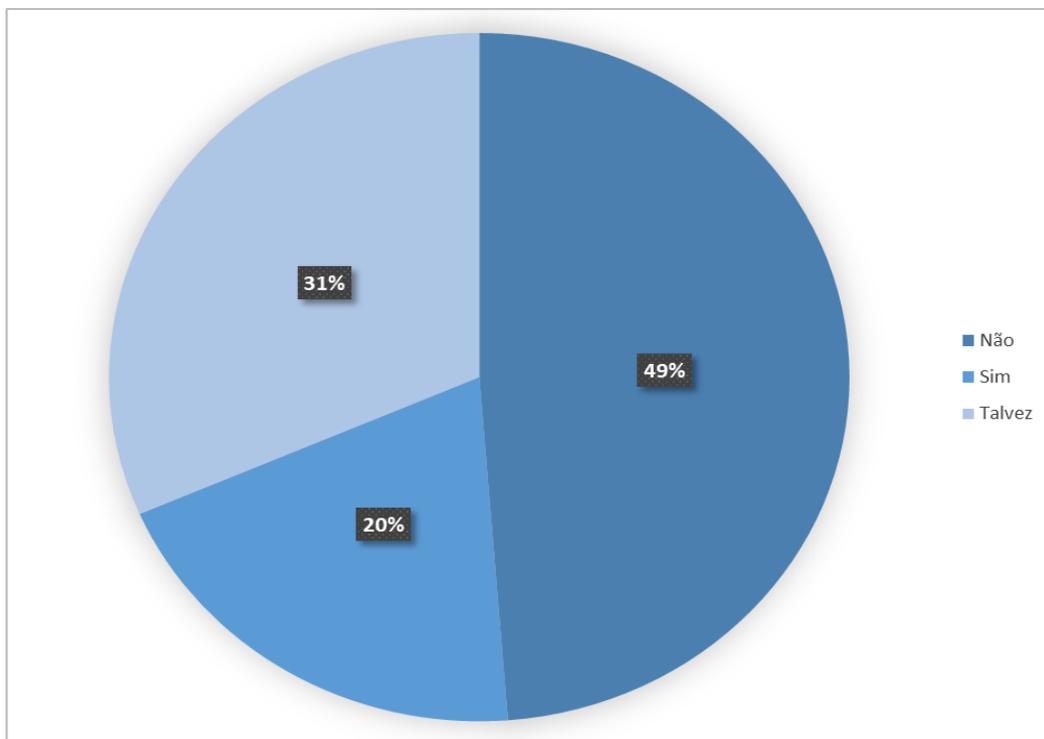
Figura 8 – Respostas obtidas dos moradores entrevistados em Caldas, MG, mediante a pergunta “Você ou sua família notou alterações no ambiente próximo a vocês, após a instalação da mineradora?”



Fonte: elaborado pelos autores.

Para a pergunta 10 observou-se o mesmo fato, conforme ilustrado na Figura 9, porém neste caso os que afirmam “talvez” aumentaram, de 38 pessoas para 115.

Figura 9 - Respostas obtidas dos moradores entrevistados em Caldas, MG, mediante a pergunta “Você notou alterações na saúde da sua família e/ou da comunidade após a instalação da mineradora?”



Fonte: elaborado pelos autores.

No caso das duas perguntas anteriores, para os que responderam “Sim”, foram interrogados em seguida “qual ou quais alterações foram observadas”, para estas respostas foram realizadas a análise de conteúdo baseada na frequência em que as palavras-chave apareceram nas falas dos entrevistados, abordadas no Quadro 4. Importante destacar que pela quantidade de entrevistas, fica inviável trazê-las todas no presente capítulo, portanto aqui será apresentada uma síntese, considerados somente quem respondeu “Sim” para ambas as perguntas.

Quadro 4 – Excertos das respostas dos participantes que responderam “sim” a ambas as questões, e a inclusão nas categorias de análise. Sendo ZU: zona urbana; ZR: zona rural; MA: meio ambiente e o numeral: identificação para o respondente

Respondentes	Excertos	Categorias	
		MA	Saúde
13 (ZU)	b) <i>Ruim para produzir, a produção diminuiu e o clima mudou.</i>	Mudanças climáticas Solo	Câncer
	d) <i>Muitos casos de câncer. Qualquer tipo.</i>		
22 (ZU)	b) <i>A água não tomo.</i>	Água	Câncer
	d) <i>Índice de câncer muito alto.</i>		
43 (ZR)	b) <i>De uns tempos pra cá o clima mudou, todos, incluindo eu, estamos ficando doente.</i>	Mudanças climáticas	Câncer Doenças
	d) <i>Câncer.</i>		
44 (ZU)	b) <i>Os peixes do rio do bairro lá próximo (Bom Retiro) diminuiu muito.</i>	Animal Recurso hídrico	Câncer
	d) <i>Muita gente com câncer. Índice alto.</i>		
78 (ZU)	b) <i>Até o gosto da água é diferente. Parece que não é filtrada. Até o ar parece que não é puro.</i>	Água Ar	Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Depois de adulta apareceu doenças respiratórias (DPOC). Faço uso de bombinha. Faz 18 anos que apareceu. Quando era criança não tinha. Não sou fumante.</i>		
80 (ZU)	b) <i>Caldas não tinha esse ar abafado. Era mais fresco.</i>	Ar Mudanças climáticas	Câncer Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Casos de câncer e problemas respiratórios</i>		
103 (ZU)	b) <i>O ar mais poluído, não é como antigamente.</i>	Ar Mudanças climáticas Poluição	Câncer Dermatites Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Muitas pessoas com problemas nas pernas, câncer e alergia na pele.</i>		
150 (ZU)	b) <i>Amarelou as plantas. O ar piorou, muita poeira. O ar está pesado e abafado.</i>	Agricultura Ar Mudanças climáticas Poluição Vegetação	Dermatites Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Garganta seca e pele ressecada.</i>		
166 (ZU)	b) <i>Nas plantas principalmente estão amareladas, raquíticas.</i>	Agricultura Vegetação	Doenças Necessidades

			Problemas de saúde Saúde pública
	d) <i>Dor no corpo (população reclamando)</i>		
167 (ZU)	b) <i>Paisagem, diminuiu as árvores.</i>	Natureza Vegetação	Crises Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Doenças respiratórias. Gripes demais.</i>		
191 (ZU)	b) <i>A água com mais cloro, mais escura.</i>	Água Recurso hídrico	Câncer Crises Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Falta de ar e câncer.</i>		
193 (ZU)	b) <i>Ar, tá muito abafado.</i>	Ar Minério Mudanças climáticas	Agravos Doenças Saúde pública
	d) <i>Saúde mudou para pior. Que eles falam que por causa do minério que tá dando doença no povo.</i>		
194 (ZU)	b) <i>Na água o gosto tá ruim e na paisagem tem as pedreiras também.</i>	Água Degradação Exploração Natureza Recurso hídrico	Câncer
	d) <i>Aumentou muito o número de câncer.</i>		
212 (ZU)	b) <i>Falta muita árvore. Pedra quebrada. Afunda ruas, os caminhões passam escondidos.</i>	Impactos Infrações Natureza Vegetação	Danos Saúde mental Sofrimento emocional e psíquico
	d) <i>A fisionomia das pessoas mudou.</i>		
228 (ZU)	b) <i>Na água, nas plantas, pássaros sumiram na região da mineração.</i>	Água Animal Mineração Recurso hídrico	Câncer Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Câncer e problemas respiratórios.</i>		
269 (ZU)	b) <i>Tinha muita mina. Acho que deu uma parada. Não é mais frio como era. Água tá diferente.</i>	Água Mudanças climáticas Recursos hídrico	Câncer Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Eu acho que teve aumento de câncer. Eu acho que tem muita gente com problema respiratório.</i>		
294 (ZR)	b) <i>A água parece que diminuiu muito. Muita seca.</i>	Água Ar Contaminação Poluição Recurso hídrico	Doenças Problemas de saúde
	d) <i>Muito resfriado. Muito pó no ar que vem para dentro de casa.</i>		

305 (ZU)	b) <i>Principalmente na agricultura.</i>	Agricultura	Doenças Problemas de saúde Saúde mental Sofrimento emocional e psíquico
	d) <i>Insuficiência respiratória, dores musculares, alterações no comportamento, etc.</i>		
331 (ZU)	b) <i>Tinha muito <b>parreiral</b> pro lado da INB. Hoje não tem mais.</i>	Agricultura Vegetação	Câncer
	d) <i>Aumentou o número de <b>câncer</b> na cidade.</i>		
344 (ZR)	b) <i>Caiu a <b>produção de milho, feijão e também de leite.</b></i>	Agricultura Animal Pecuária Recursos	Doenças Problemas de saúde Saúde pública
	d) <i>Povo sem saúde e fraco.</i>		
351 (ZU)	b) <i>Mudanças para pior. O ar parece que <b>contaminou um pouco.</b></i>	Ar Contaminação Mudanças climáticas	Câncer Doenças Problemas de saúde Saúde pública
	d) <i>Enfermidades apareceram de modo <b>coletivo.</b> Exemplo: viroses. E alta incidência de <b>câncer</b> na cidade.</i>		
358 (ZU)	b) <i>O ar mais pesado. A <b>água</b> mais pesada também.</i>	Água Ar Recurso hídrico	Câncer
	d) <i>Câncer em pessoas jovens. De repente.</i>		
364 (ZU)	b) <i>Tenho notado alterações, <b>plantas que não produz (plantei abóbora e não nasceu).</b></i>	Agricultura Vegetação	Câncer Doenças
	d) <i>Muito <b>câncer e doenças.</b></i>		

Fonte: elaborado pelos autores.

Na categoria Meio Ambiente do Quadro 3, identificou-se uma recorrência da palavra “água”, assim como nas demais respostas das pessoas que escolheram responder por “Talvez” e que não foram apresentadas na presente análise. Frases ouvidas sobre o tema durante a entrevista foram: “a água do Rio Verde teve poluído há mais ou menos 30 anos. Ai proibiram. Porque teve mortes de animais”; “a água do rio Soberbo às vezes o pessoal que mora lá fala que tá escura. E peixes, sumiram, nem lambari dá mais. Morreu tudo”; “Água tenho de medo de beber. Porque pode estar contaminada”; “Tenho receio da água. Nas plantações, nos alimentos e de entrar na cachoeira”. Elas confirmam o interesse e apreensão dos moradores com a contaminação do ambiente em que vivem.

Neste sentido, Alvez e Souza Filho (2022) apontam que a mineração de urânio causa

poluição da água, do solo e da atmosfera, interferindo nas formas de sobrevivência, destruindo modos de vida e afetando sua qualidade de forma drástica. Porém, no caso específico de Caldas, as INB apresentaram em 2023 resultados de análises com relação aos aspectos radiológicos de amostras de água coletadas no município, realizada pelo Laboratório de Poços de Caldas (LAPOC) da CNEN demonstrando níveis radioativos abaixo dos valores de referência adotados. Foi ressaltado ainda que os radionuclídeos naturais, como o urânio, estão presentes do meio ambiente de forma natural (INB, 2023f).

No entanto, mesmo com doses dentro dos limites, são conhecidos os impactos ambientais no Córrego Consulta e na Bacia de Águas Claras (BAC), emitidos em relatório público em outubro de 2023 (CNEN, 2023). Por isso, há exigências abertas pela CNEN solicitando soluções para essas questões. O Córrego Consulta está sendo afetado por uma pluma subterrânea de drenagem ácida proveniente da pilha de estéreis número 4. A solução das INB para o problema está sendo buscada por meio de contrato com o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN). A BAC, por sua vez, possui em seu leito sedimentos que de fato são resíduos gerados pelo sistema de tratamento de águas ácidas do empreendimento que deveriam ficar totalmente confinados nas bacias de decantação D3 e D4. A empresa justifica que ao longo dos mais de 40 anos de operação desse sistema, em razão do assoreamento progressivo das bacias, parte do material foi sendo arrastada pelo fluxo de água. Diante disso, consta no planejamento de atividades a busca por solução para remover tais sedimentos (CNEN, 2023).

A liberação de radionuclídeos no ambiente aquático é o procedimento mais comum na UTM, em Caldas, e, por esse motivo, a contaminação do solo circundante e dos alimentos cultivados tem sido objeto de estudos recentes. A chuva na região gera escoamento superficial e produz drenagem ácida de mineração, que são compostos de sulfeto contendo radionuclídeos e metais pesados que, se não forem tratados, podem causar impacto no meio ambiente (Santos e Ladeira, 2009; Oliveira *et al.*, 2013; Souza *et al.* 2013; Pereira *et al.*, 2020). A legislação brasileira segue o mesmo escopo lógico das diretrizes de proteção ao homem e ao meio ambiente recomendadas pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (sigla do inglês: ICRP), e pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Sendo assim, Pereira *et al.* (2018) concluíram que na amostragem realizada de 2010 a 2015 nesta unidade, constou que os valores médios sobre potabilidade da água ficaram dentro dos limites legais. Observaram que existe uma tendência decrescente nas emissões de urânio ao longo dos anos considerados, além de terem sido tomadas atitudes ambientais corretas. Demonstraram em outro estudo que o nível de radioatividade liberado no meio

ambiente pela UTM não apresenta risco radiológico para a população do entorno quanto ao uso de água para abastecimento humano (Pereira *et al.*, 2022). Porém, em pesquisa posterior, apresentaram impedimento em um ponto amostrado ao consumo da água, devido à toxicidade química do urânio acima do valor autorizado, o que reforça a necessidade de análise mais aprofundada neste momento (Pereira *et al.*, 2023a).

Conforme o Quadro 3, das 23 falas analisadas, identifica-se também uma repetição de 14 vezes da palavra “câncer”, na categoria Saúde. Frequência também observada nas respostas das 365 pessoas entrevistadas, em que 193 vezes utilizaram a mesma palavra, neste caso incluindo a resposta “Talvez” nas perguntas analisadas pelo capítulo. Sem contar as vezes em que o entrevistado não dizia exatamente o termo, provavelmente com medo de atrair para si por uma crença, referindo-se como “doençada feia” (Respondente 124, moradora da zona urbana). Revelou-se ser um tema delicado, comum e preocupante entre os moradores da região, além das outras “doenças” e “problemas de saúde” mencionados e identificados na análise. Falando em preocupação, foi um assunto também recorrente. Entre as respostas, foi comum ouvir expressões como:

*Por conta do risco que tem, perdi o sossego. Quando tem chuva grande, nem durmo, só penso nisso.* (Respondente 58, moradora da zona urbana)

*Eu fico preocupado de contaminar o lençol freático.* (Respondente 317, moradora da zona urbana)

*Porque [a empresa] tá aí parada, só traz preocupação no momento.* (Respondente 278, moradora da zona urbana)

*Fico preocupada com a próxima geração.* (Respondente 44, moradora da zona urbana)

*A gente fica preocupada, talvez pelos outros que moram lá mais perto.* (Respondente 284, moradora da zona urbana)

Tais falas expõem uma situação encontrada na literatura sobre “saúde mental” e “sofrimento emocional e psíquico” que atinge os moradores da região.

No que se refere às doenças e o câncer, especificamente, diversos autores relatam uma relação direta existente com a mineração de urânio (Lewis *et al.*, 2017; Lerma-Treviño *et al.*, 2018; Credo *et al.*, 2019; Kelly-Reif *et al.*, 2020; Coombs *et al.*, 2022; Bolt, 2022; Serrano e Rêgo, 2023). No caso específico de Caldas, o último Registro de Câncer de Base Populacional (RCBP) de Poços de Caldas, município vizinho que abrange a região, informou que nela não se apresenta as maiores taxas de incidência entre os 25 RCBP brasileiros e que os valores são compatíveis com várias localidades de referência do país (SES, 2013). No

estudo de Merola *et al.* (2017) em Poços de Caldas, revelou-se a incidência de câncer de mama feminino de 25,9% maior do que a incidência da média nacional para o mesmo período, 2003-2011, a conclusão foi de que este valor pode estar associado à exposição crônica por dez anos ou mais a doses efetivas iguais ou ligeiramente acima da dose radiação gama ambiental de referência internacional de 1,0mSv/ano. Em 2023, no estudo mais recente sobre o risco de câncer em Caldas, os autores informaram que o valor encontrado foi abaixo do sugerido para a realização de qualquer ação para melhorar a qualidade da água, representando pouco risco e que não espera que dê origem a qualquer efeito adverso detectável para a saúde (Pereira *et al.*, 2023).

Quanto ao impacto na saúde mental da população, estudos recentes evidenciam esta relação com as tragédias ocorridas em Brumadinho e Mariana, em Minas Gerais. Barcellos *et al.* (2019) mostraram que, além de perdas de entes queridos, casas e vizinhanças, houve perdas na capacidade de oferta de serviços essenciais à população gerando assim tensões, depressões, inseguranças, ampliação e agravamento das doenças crônicas, exigindo maiores investimentos financeiros no local. Além disso, sofreram com discriminação, pois passaram a ser tratadas como culpados pelos prejuízos causados pelo fechamento temporário da Samarco e seus grandes impactos na economia, empregos e renda no município (Barcellos *et al.*, 2019).

Dados da Secretaria Municipal de Saúde de Brumadinho mostraram um aumento de 80% no consumo de ansiolíticos e de 60% no uso de antidepressivos (Comissão Parlamentar de Inquérito, 2019). Foi demonstrado um aumento de episódios depressivos, de 352 casos registrados em 2018 para 993 casos em 2019. Assim como nas reações ao estresse grave e transtorno adaptação, que de 68 casos em 2018 subiu para 933 no ano seguinte (Brasil, 2020).

Por fim, Noal *et al.* (2019) relataram que após as primeiras 72h até o fim do primeiro mês as reações psicológicas mais frequentes expressas pelos pacientes do serviço público de saúde municipal foram: tristeza, choro frequente, humor deprimido, pesar, ansiedade, medo, irritabilidade, raiva, culpa, desorientação, reações de dissociação, crises de ansiedade, pânico, labilidade emocional e tentativas de suicídio. Ficou claro também, o aumento em relação ao consumo de álcool, benzodiazepínicos e conflitos interpessoais e situações de violência. No que diz respeito às reações físicas, foram recorrentes o cansaço intenso, perda de apetite, insônia e dores inespecíficas (Noal *et al.*, 2019).

### **Considerações finais**

Buscou-se nesse capítulo mostrar a percepção de moradores do município de Caldas, MG sobre questões relacionadas aos riscos, ao meio ambiente e à saúde humana, tendo como elemento norteador o histórico da atividade de exploração de urânio no local. Verificou-se que a sociedade, como atores envolvidos nos problemas da mineração, produz conhecimentos relevantes para academia, desenvolvidos em suas vidas e memórias. As falas dos moradores revelam, de alguma forma, que são reféns da atividade que, por mais que esteja inativa, ainda “assombra” a cidade, no que diz respeito aos riscos que ela significa no cenário da saúde pública e da contaminação ambiental, confirmando o entendimento de que existe um caráter “antidemocrático” da distribuição socioespacial da degradação ambiental e seus efeitos perversos.

Embora fosse esperado encontrar no recorte uma maior conscientização sobre os riscos e impactos socioambientais, a partir de todo o histórico conhecido antes da visita *in loco*, não foi o que se apresentou, rejeitando-se, assim, a hipótese inicialmente levantada. Entre as implicações, notou-se uma invisibilidade e um silêncio, que pareceu querer dizer algo, porém já não tinha forças, ou até mesmo esperanças, em ser ouvido. Revelou-se, assim, o caráter capitalista de coisificação da saúde, do meio ambiente e do trabalho, presente principalmente em países periféricos. Por essa experiência e por outras tantas semelhantes, em que as demandas dos sujeitos são expostas, espera-se que a produção do conhecimento científico seja mais crítica e aberta às outras áreas para promoção de políticas públicas. Que desse recorte, que exhibe o todo da sociedade brasileira, seja uma forma de comunicar e produzir novos saberes no contexto do conflito ambiental.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

## Referências

ALMICO, T.; FARO, A. Enfrentamento de cuidadores de crianças com câncer em processo de quimioterapia. **Psicologia, Saúde & Doenças**, v. 15, n. 3, p. 724–738, 2014.

ALVES, M. S.; SOUZA FILHO, L. S. Mineração de urânio e violação de direitos humanos. **Revista Internacional de Derechos Humanos y Empresas**, v. 6, n. 02, p. 1-24, 2022.

ANM, Agência Nacional de Mineração. **Caldas**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/search?SearchableText=Caldas> Acesso em: 24 fev. 2024.

ANM, Agência Nacional de Mineração. **Equipe da ANM realiza primeira vistoria oficial em barragens de minérios nucleares**. 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/equipe-da-anm-realiza-primeira-vistoria-oficial-em-barragens-de-minerios-nucleares> Acesso em: 24 fev. 2024.

ANM, Agência Nacional de Mineração. **ANM realiza nova vistoria em barragens da INB e faz exigências**. 2023b. Disponível em: < <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/anm-realiza-nova-vistoria-em-barragens-da-inb-e-faz-exigencias>> Acesso em: 24 fev. 2024.

ANM, Agência Nacional de Mineração. **SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração**. 2024. Disponível em: em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/BarragemPublico/Detalhar/30C01DD1A46D66D9226CFD024B2F7179135C9CEA5518EA35F12D236053CF16C7> Acesso em 10 mar. 2024.

ANM, Agência Nacional de Mineração. **SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração**. 2024a. Disponível em: < <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/GerenciarPublico>> Acesso em 01 abr. 2024.

BARCELLOS, C. M. de F.; ASMUS, C. I. R. F.; SILVA, M, A.; XAVIER, D. R. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. **Cadernos de Saúde Pública** v. 35, n. 5, p. 1-7, 2019.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BAUER, W. M.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2015.

BOLT, H. M. The Janus face of uranium in toxicology. **Archives of Toxicology**, v. 96, n. 3, p. 689-690, 2022.

BRASIL. Um ano do desastre da Vale: Organização e resposta do Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico**, Ministério da Saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde - Ministério da Saúde, v. 51, n. especial., p. 1-35, 2020.

BECK, U. **Sociedade de risco: ruma a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2011.

BECK, U. **A metamorfose do mundo: Novos conceitos para uma nova realidade**. Rio de Janeiro: Zahar, 2018.

- CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. **Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 6, n. 2, p. 179-191, 2013.
- CAMARGO, B. B.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires. **Temas em Psicologia**, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.
- CARDOSO, M. R. G.; OLIVEIRA, G. S.; GHELLI, K. G. M. Análise de conteúdo: uma metodologia de pesquisa qualitativa. **Cadernos da Fucamp**, v. 20, n. 43, p. 98-111, 2021.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Cortez, 2018.
- CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Relatório de Situação Ambiental e Atividades nº4/2023. **LAPOC**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/lapoc/pt-br/assuntos/noticias-em-pdf/relatorio-de-situacao-ambiental-e-atividades-no-4-2023.pdf> Acesso em 11 mar. 2024.
- COMISSÃO PARLAMENTAR DE INQUÉRITO. **Relatório Final da CPI: Rompimento da Barragem de Brumadinho**. Brasília, p. 1-2462, 2019.
- COOMBS, S.; SLEETH, D. K.; JONES, R. M. Environmental and occupational health on the Navajo Nation a scoping review. **Reviews on environmental health**, v. 37, n. 2, p. 181-187, 2022.
- CORRÊA, F. **Barragem com rejeitos de urânio preocupa autoridades no Sul de Minas**. O tempo. Abr. 2019. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/barragem-com-rejeitos-de-uranio-preocupa-autoridades-no-sul-de-minas-1.2168141> Acesso em: 28 jan. 2020.
- CREDO, J.; TORKELSON, J.; ROCK, T.; INGRAM, J. C. Quantification of Elemental Contaminants in Unregulated Water across Western Navajo Nation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 15, p. 1-15, 2019.
- DE PAULA, B. L. S. A mineração de urânio em questão: análise da comunicação pública das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Caetité, Bahia. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde**, v. 14, n. 2, p. 329-341, 2020.
- ESTADO DE MINAS. **Montanhas se formaram artificialmente com o estéreo do minério perto da usina nuclear**. 2011. Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2011/02/06/interna\\_gerais,208105/montanhas-se-formaram-artificialmente-com-o-estereo-do-minerio-perto-da-usina-nuclear.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2011/02/06/interna_gerais,208105/montanhas-se-formaram-artificialmente-com-o-estereo-do-minerio-perto-da-usina-nuclear.shtml) Acesso em: 24 fev. 2024.
- ESTADO DE MINAS. **Recuperação de prejuízos deixados pelo lixo nuclear vai demorar muitos anos**. 2011a. Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2011/02/06/interna\\_gerais,208103/recuperacao-de-prejuizos-deixados-pelo-lixo-nuclear-vai-demorar-muitos-anos.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2011/02/06/interna_gerais,208103/recuperacao-de-prejuizos-deixados-pelo-lixo-nuclear-vai-demorar-muitos-anos.shtml)> Acesso em: 24 fev. 2024.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

G1 Sul de Minas. **Câmara aprova requerimento pedindo informações sobre lixo nuclear que pode ser levado para Caldas, MG**. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2021/09/13/camara-aprova-requerimento-pedindo-informacoes-sobre-lixo-nuclear-que-pode-ser-levado-para-caldas-mg.ghtml> Acesso em: 24 fev. 2024.

G1 Sul de Minas. **Audiência pública volta a tratar sobre possibilidade do transporte de rejeitos radioativos para INB, em Caldas, MG**. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2023/04/26/audiencia-publica-volta-a-tratar-sobre-possibilidade-do-transporte-de-rejeitos-radioativos-para-inb-em-caldas-mg.ghtml> Acesso em: 24 fev. 2024.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

HOTH, A.; NÜRNBERGER, A.; PAASS, G. A brief survey of text mining. **Journal for Language Technology and Computational Linguistics**, v. 20, n. 1, p. 19-62, 2005.

IBGE CIDADES. Municípios. Minas Gerais. **Caldas**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/caldas/panorama> Acesso em: 07 mar. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **1º Simulado Externo em Caldas/MG envolve diversos órgãos de segurança**. 2019. <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/1-simulado-externo-em-caldasmg-envolve-diversos-orgaos-de-seguranca/Origem/593> Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **Primeiro Simulado externo em Caldas-MG é destaque na mídia local**. INB. 2020. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/primeiro-simulado-externo-em-caldas-mg-e-destaque-na-midia-local/Origem/1634> Acesso em: 28 jan. 2020.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **INB substitui telhas de galpão da Unidade de Caldas/MG**. 2021. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/inb-substitui-telhas-de-galpao-da-unidade-de-caldasmg/Origem/593> Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **Barragens da INB Caldas têm estabilidade atestada por auditor independente**. 2021a. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/barragens-da-inb-caldas-tem-estabilidade-atestada-por-auditor-independente/Origem/1634> Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **INB Caldas inicia remediação de embalados e de empilhamento de Torta II**. 2022. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/inb-caldas-inicia-remediacao-de-embalados-e-de-empilhamento-de-torta-ii/Origem/593> Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **INB finaliza remediação de embalados de Torta II em Caldas**. 2023. Disponível em: < <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/inb-finaliza-remediacao-de-embalados-de-torta-ii-em-caldas/Origem/593> > Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **INB conclui a primeira ação para regressão do nível de emergência da Barragem D4.** 2023a. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/inb-conclui-a-primeira-acao-para-regressao-do-nivel-de-emergencia-da-barragem-d4/Origem/593> Acesso em 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **INB finaliza primeira etapa de demolição de edificações para descomissionamento em Caldas.** 2023b. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/inb-finaliza-primeira-etapa-de-demolicao-de-edificacoes-para-descomissionamento-/Origem/593> Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **INB inclui Bacia Nestor Figueiredo no sistema de gestão de barragens da ANM.** 2023c. Disponível em: < <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/inb-inclui-bacia-nestor-figueiredo-no-sistema-de-gestao-de-barragens-da-anm/Origem/593>> Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **Ibama realiza visita técnica às barragens da INB Caldas.** 2023d. Disponível em: < <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/ibama-realiza-visita-tecnica-as-barragens-da-inb-caldas/Origem/593>> Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **Barreiras de turbidez são instaladas na Barragem de Águas Claras.** 2023e. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/barreiras-de-turbidez-sao-instaladas-na-barragem-de-aguas-claras/Origem/593> Acesso em: 24 fev. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **CNEN garante que água de Caldas não apresenta contaminação radioativa.** 2023f. Disponível em: < <https://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/cnen-garante-que-agua-de-caldas-nao-apresenta-contaminacao-radioativa/Origem/1670>> Acesso em: 11 mar. 2024.

INB, Indústrias Nucleares do Brasil. **Mineração.** INB. 2024. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear/Minera%C3%A7%C3%A3o> Acesso em 10 mar. 2024.

KELLY-REIF, K.; SANDLER, D. P.; SHORE, D.; SCHUBAUER-BERIGAN, M. K.; TROESTER, M. A.; NYLANDER-FRENCH, L.; RICHARDSON, D. B. Radon and cancer mortality among underground uranium miners in the Příbram region of the Czech Republic. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 63, n. 10, p. 859-867, 2020.

LEAL, F. G.; VERAS NETO, F. Q.; NABOZNY, G. C. Ecologia política e conflitos ambientais: as dimensões da luta por justiça ambiental. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, v. 13, n. 2, p.535-549, 2021.

LEFF, E. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder.** 11. Ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

LERMA-TREVIÑO, C.; RUBIO-ARIAS, H.; COLMENERO-SUJO, L. H.; VILLALBA, M. L.; OCHOA-RIVERO, J. M. Indoor Radon Gas (222Rn) Levels in Homes in Aldama, Chihuahua, Mexico and the Risk of Lung Cancer. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 1337, p. 1-9, 2018.

LEWIS, J.; HOOVER, J.; MACKENZIE, D. Mining and Environmental Health Disparities in Native American Communities. **Current Environmental Health Reports**, v. 2, p. 130-141, 2017.

MAPA DE CONFLITOS. **MG- Entidades ambientalistas e população de Caldas denunciam os riscos de contaminação de pessoas e do lençol freático do entorno devido à mina paralisada**. 2019. Disponível em: <<https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/mg-entidades-ambientalistas-e-populacao-de-caldas-denunciam-os-riscos-de-contaminacao-de-pessoas-e-do-lencol-freatico-do-entorno-devido-a-mina-paralisada/>> Acesso em 24 fev. 2024.

MENDONÇA, A. W. **Metodologia para estudo de caso**: livro didático. Palhoça: UnisulVirtual, 2014.

MEROLA, Y. de L.; CUNHA, T. N.; SCHENKA, A. A.; SILVA, N. C. Natural environmental gamma radiation exposure and prevalence of breast câncer in Poços de Caldas, MG, Brazil. **International Journal of Radiation Reserarch**, v. 15, n. 4, 2017.

MILANEZ, B.; SCOTTO, G.; SANT'ANA JÚNIOR, H. A. de; BOSSI, D.; KATO, K. Injustiça Ambiental, Mineração e Siderurgia. *In*: PORTO, M. F.; PACHECO, T.; LEROY, J. P. (Orgs.). **Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil, o mapa de conflitos**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p. 175-205, 2013.

MPF, Ministério Público Federal. **MPF assina TAC com empresa responsável pela barragem de rejeitos nucleares em Caldas (MG)**. MPF. 2019. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/noticias-mg/mpf-assina-tac-com-empresaresponsavel-pela-barragem-de-rejeitos-nucleares-em-caldas-mg>. Acesso em: 28 jan. 2020.

MRE, Ministério das Relações Exteriores. **Atos adotados por ocasião da visita ao Brasil do Presidente da França, Emmanuel Macron**. MRE. 2024. Disponível em: [https://www.gov.br/mre/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/atos-adotados-por-ocasio-da-visita-do-presidente-da-franca-emmanuel-macron-ao-brasil](https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/atos-adotados-por-ocasio-da-visita-do-presidente-da-franca-emmanuel-macron-ao-brasil) Acesso em: 02 abr. 2024.

NOAL, D. S.; RABELO, I. V. M.; CHACHAMOVICH, E. O impacto na saúde mental dos afetados após o rompimento da barragem da Vale. **Cadernos de Saúde Pública**. V. 35, n. 5, p. 1-7, 2019.

OBSERVATÓRIO DOS CONFLITOS AMBIENTAIS DE MINAS GERAIS. **Moradores de Caldas e Poços de Caldas lutam contra impactos da mineração de urânio**. 2020. Disponível em: <<https://conflitosambientaismg.lcc.ufmg.br/conflito/?id=433>> Acesso em: 24 fev. 2024.

OLIVEIRA, N. A. da S. A educação ambiental e a percepção fenomenológica, através de mapas mentais. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v 16, p. 32-46, 2006.

OLIVEIRA, R. L. F.; PEDROBOM, J. H.; MENEGÁRIO, A. A.; DOMINGOS, R. N.; PY

JÚNIOR, D. A.; KIANG, C. H. Determination of in situ speciation of manganese in treated acid mine drainage water by using multiple diffusive gradients in thin films devices. **Analytica Chimica Acta**, v. 799, p. 23-28, 2013.

PEREIRA, W. S.; KELECOMC, A. G. A. C.; SILVA, A. X.; CARMO, A. S.; PY JÚNIOR, D. A. Assessment of uranium release to the environment from a disabled uranium mine in Brazil. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 188, p. 18-22, 2018.

PEREIRA, W. S.; KELECOMC, A.; LOPES, J. M.; CARMO, A. S.; PY JÚNIOR, D. A.; SILVA, A. X. Evaluation of the radiological quality of water released by a uranium mining in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 36704-36717, 2020.

PEREIRA, W. S.; KELECOMC, A.; CHARLES-PIERRE, M.; LOPES, J. M.; CAMPELO, E. L.; ESPINDOLA, C. B.; CARMO, A. S.; PY JÚNIOR, D. A.; PELEGRINELI, S. Q.; SILVA, A. X. Assessment of released natural radionuclides by waste rock pile and mining pit associated with a uranium mine at Caldas, Minas Gerais, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 38, p. 58065-58077, 2022.

PEREIRA, W. S.; KELECOMC, A.; LOPES, J. M.; CARMO, A. S.; ESPINDOLA, C. B.; CAMPELO, E. L. C.; LAMEGO, F.; SILVA, A. X. Radiological quality of wastewater released from a waste dam containing natural radionuclides. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 332, p. 2419-2433; 2023.

PEREIRA, W. S.; KELECOMC, A.; LOPES, J. M.; CHARLES-PIERRE, M.; CAMPELO, E. L. C.; CARMO, A. S.; PADILHA FILHIO, L. G.; PAIVA, A. K. S.; SILVA, A. X. Application of radiological assessment as water quality criterion for effluent release in a Brazilian uranium mine. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 24, p. 65379-65391, 2023a.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CALDAS. Caldas, entre montanhas um coração mineiro. **Prefeitura de Caldas Estância Hidromineral**. 2024. Disponível em: <https://caldas.mg.gov.br/caldas-entre-montanhas-um-coracao-mineiro/> Acesso em: 07 mar. 2024.

SAMPAIO, T. B. **Metodologia da pesquisa**. 1. ed. Santa Maria, RS: UFSM, CTE, UAB, 2022.

SANTOS, E. A.; LADEIRA, A. C. Q. **Leaching of uranium from the Osamu Utsumi mine wastes, INB Caldas, Minas Gerais**. In: 2009 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2009, 2009.

SCOTTO, G. Verde que vira marrom, reputação que vira lama: extrativismo mineral, desastres e as imagens do “invisível”. **Vértices**, v. 23, n. 1, p. 213-233, 2021.

SERAPIÃO, P. R. B.; SUZUKI, K. M. F.; MAZZONCINI, P. A. M. Uso de mineração de texto como ferramenta de avaliação da qualidade informacional em laudos eletrônicos de mamografia. **Radiologia Brasileira**, v. 43, n. 2, p.103-107, 2010.

SERRANO, C. G. T.; RÊGO, M. A. V. Mortalidade por Câncer no sudoeste da Bahia (Brasil) uma região exposta a radiação natural elevada. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 2, p.7965-7983, 2023.

SES, Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. **Projeto Planalto Poços de Caldas: pesquisa câncer e radiação natural:** incidência e comportamento de risco. Berenice Navarro Antoniazzi; Nivaldo Carlos da Silva; Tarcísio Neves da Cunha; Ubirani Barros Otero (Orgs.). - Belo Horizonte: ESP-MG, 2013.

SOUZA, A. M.; SILVEIRA, C. S.; PEREIRA, R. M. Contribuições dos metais provenientes das pilhas de rejeito da mina Osamu Utsumi a drenagens do Complexo Alcalino de Poços de Caldas, Minas Gerais. **Geochimica Brasiliens**, v. 27, n. 1, p. 63-76, 2013.

SOUZA, L. de A. **Circuito minerário global e suas repercussões na tragédia em Mariana.** *In:* VI Encontro Regional de Engenharia e Desenvolvimento Social. Anais do VI EREDS. Belo Horizonte - MG. 2016.

UN – United Nations. **Designing Household Survey Samples:** Practical Guidelines. UN: New York, 2008.

ZANINI, A. M.; SANTOS, A. R.; MALICK, C. M.; OLIVEIRA, J. A. ROCHA, M. B. Estudos de percepção e educação ambiental: um enfoque fenomenológico. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, p. 1-14, 2021.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## 2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa tese buscou adentrar no campo interdisciplinar, visando articular conceitos das Ciências Ambientais e das Ciências Sociais para a reflexão da problemática da energia nuclear que, nada discreta, é continuamente forçada para uma aceitação popular com falaciosos discursos em que se utiliza de uma propaganda da “energia verde”, “limpa” e barata, na qual riscos inexistem e que seus resíduos podem ser armazenados com segurança por milhares de anos. Iniciou-se o trabalho com a discussão sobre a importância da escuta ativa dos sujeitos que se submetem a um ambiente poluído e contaminado, como resultado da persuasão da população local a aceitar o impacto ambiental como algo que traz benefícios, de alguma forma, na exploração do solo e em colocar em evidência as contradições que envolvem o elevado nível de complexidade e as incertezas existentes.

Conforme visto, os capítulos 1, 2 e 3 trataram, respectivamente, de temas relacionados a essa exploração em níveis mundial, nacional e regional, levantando questões relativas aos diferentes tipos de conflitos, às normas regulatórias nacionais de segurança e aos riscos à saúde e ao meio ambiente. Dessa forma, confirmou-se a hipótese de que a alienação do sujeito no trabalho, considerando a estrutura de precarização social na Era Industrial, torna-se um mecanismo de compensação, em que a perda dos direitos, dos danos à saúde e ao meio ambiente são, muitas vezes, invisibilizados e trocados pela possibilidade de atender à sua necessidade de subsistência.

O estudo desenvolvido no capítulo 1 objetivou situar o leitor no cenário de conflitos socioambientais trazidos pelo setor de mineração de urânio em escala mundial, nos últimos dez anos, por meio da análise de artigos científicos disponibilizados em diferentes bases de dados. Foi possível identificar nesta análise que os conflitos socioambientais não são resultados inevitáveis de um progresso econômico, aos quais minorias são obrigadas a suportá-los, mas tratam-se de resultados de um modelo de desenvolvimento hegemônico que privilegia alguns grupos sociais, uma minoria, enquanto desvaloriza comunidades vulneráveis expressivas. A revisão sistemática de literatura trouxe à tona que a contaminação pelos resíduos nucleares e os potenciais acidentes implicam em um sistema contínuo de marginalização dos cidadãos, entre os quais destacam-se os moradores de comunidades rurais, trabalhadores industriais, mulheres e indígenas.

No capítulo 2, foi possível verificar que o despreparo dos indivíduos pode potencializar os riscos radioativos que envolvem consequências incalculáveis em todo o meio ambiente, o que corrobora os resultados do primeiro capítulo. Neste segundo capítulo, foi contextualizado no tempo histórico para o leitor, os principais episódios ocorridos que foram ocasionados pela gestão inadequada no setor nuclear no Brasil e, por fim, pontuado a necessidade de atualizações do arcabouço normativo nacional com as recomendações internacionais, a instituição de uma política de fiscalização mais rígida, além de investigações para apuração de fatos, inclusive os não expostos na grande mídia, para mitigação dos riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

No capítulo 3, foi descrita a situação de conflito socioambiental encontrada no município de Caldas, MG, em que os residentes da região convivem com incertezas relativas ao monitoramento da saúde, bem como do quadro de contaminação do meio ambiente. Esse capítulo teve como objetivo descrever qual a percepção dos moradores do município em relação aos impactos da mineração nos âmbitos dos riscos, da saúde e do meio ambiente e utilizou-se o estudo de caso como estratégia de pesquisa e como técnica a aplicação de questionários para 365 participantes. Constatou-se como temática comum nas respostas dos participantes, a apreensão em relação à contaminação da água e ar, além dos relatos de doenças na comunidade, como o câncer. Concluiu-se que, apesar do histórico conhecido no município, não foram encontradas nas falas dos participantes uma conscientização sobre os riscos e impactos socioambientais associados à mineração de urânio, revelando-se assim um caráter capitalista de coisificação da saúde, do meio ambiente e do trabalho.

Espera-se, que os dados científicos relativos à radiação no ambiente e os estudos epidemiológicos que apresentem possíveis associações com as contaminações à saúde e ao ambiente, sejam atualizados, divulgados e que vozes, muitas vezes silenciadas nesse processo sejam verdadeiramente ouvidas. Recomenda-se o contínuo monitoramento da incidência de câncer na população residente para maior estabilidade das taxas e a necessidade de estudos adicionais na região sobre a radiação ambiental. Ressalta-se que a análise realizada nesse estudo é um recorte de uma pesquisa maior, com número amostral significativo e que se pretende abranger os resultados em sua completude e complexidade e discutir as diferentes vertentes desta problemática, visto que o tema é desconhecido

por muitos, inclusive pelos próprios atores atingidos. Os impactos socioambientais do processo de mineração de urânio em Caldas, MG, precisam ser repensados para proposta de uma nova forma de desenvolvimento baseado em equidade e sustentabilidade, que não viole o direito a um meio ambiente saudável, à informação realista, à participação ativa em processos decisórios, ao acesso à justiça, ao trabalho, à saúde e a uma vida digna dos moradores.

Tais perspectivas, em boa parte, estão sendo apontadas pelos esforços de movimentos populares presentes no território, que propõem a desnaturalização e a politização da condição de vulnerabilidade, lutam por direitos civis e políticas ambientais nos espaços onde vivem populações negras, indígenas e/ou sem recursos econômicos e fortalecem ações que possam se contrapor a esse processo. Entre eles, destacam-se a Rede Brasileira de Justiça Ambiental (RBJA), que existe como um fórum de discussões, mobilizações e denúncias e agrega diversos membros coletivos; a Articulação Antinuclear Brasileira (AAB), integrada por entidades, movimentos socioambientais e pesquisadores, que promovem um debate público sobre a política energética brasileira e, a nível local, a Frente Popular de Luta Antinuclear, composta por moradores de Caldas, MG e região, que se manifestam em órgãos públicos, meios digitais e propagam o conhecimento acerca do rejeito armazenado no município e seus riscos à toda comunidade.

A relação entre os direitos humanos, as condições de trabalho, o equilíbrio ambiental e a saúde das comunidades, apresenta-se como um amplo tema que provoca a curiosidade de uma investigação mais profunda, especialmente em futuros estudos sobre como, em situações de conflitos, os sujeitos atingidos defendem seus territórios, articulam e reagem, diante das ameaças às diferentes formas de vida. Sente-se, portanto, a necessidade de compartilhar os conhecimentos obtidos para além da seara científica, para que sejam apresentadas soluções coletivas para uma intervenção significativa.

Por fim, cabe salientar que a presente tese é uma análise crítica de experiências relatadas sobre as condições de vida de uma parte da população, em um período recente e, que propõe, gerar um novo conhecimento sobre os riscos tecnológicos complexos, com base no diálogo com os sujeitos expostos e que vivenciam situações de riscos diariamente. Necessita-se, ainda, de uma compreensão e contextualização com outras áreas da ciência, a fim de que novas tecnologias e estratégias de transformação da sociedade em prol da justiça

ambiental sejam pensadas no enfrentamento de conflitos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Caldas. **Agência Nacional de Mineração**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/search?SearchableText=Caldas> Acesso em: 24 fev. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração. **Agência Nacional de Mineração**, 2024. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/BarragemPublico/Detalhar/30C01DD1A46D66D9226CFD024B2F7179135C9CEA5518EA35F12D236053CF16C7> Acesso em 10 mar. 2024.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**: rumo a uma outra modernidade. Tradução: Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. Documento de Área – Área 49: Ciências Ambientais. **Ministério da Educação**, 2019. Disponível em: [https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/C\\_amb.pdf](https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/C_amb.pdf) Acesso em: 29 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Documento Orientador de APCN – Área 49: Ciências Ambientais. **Ministério da Educação**, 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/sobre-a-avaliacao/areas-avaliacao/sobre-as-areas-de-avaliacao/colégio-de-ciencias-exatas-tecnologicas-e-multidisciplinar/multidisciplinar/Ciencias\\_Ambientais\\_Documento\\_Orientador\\_APCN\\_2023.pdf](https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/sobre-a-avaliacao/areas-avaliacao/sobre-as-areas-de-avaliacao/colégio-de-ciencias-exatas-tecnologicas-e-multidisciplinar/multidisciplinar/Ciencias_Ambientais_Documento_Orientador_APCN_2023.pdf) Acesso em: 29 abr. 2024.

BRASIL. Ministério Público Federal. MPF assina TAC com empresa responsável pela barragem de rejeitos nucleares em Caldas (MG). **Ministério Público Federal**, 2019a. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/noticias-mg/mpf-assina-tac-com-empresaresponsavel-pela-barragem-de-rejeitos-nucleares-em-caldas-mg> Acesso em: 28 jan. 2020.

CORRÊA, Fábio. Barragem com rejeitos de urânio preocupa autoridades no Sul de Minas. **O tempo**, 2019. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/barragem-comrejeitos-de-uranio-preocupa-autoridades-no-sul-de-minas-1.2168141> Acesso em: 28 jan. 2020.

GALEANO, Eduardo Hughes. **O veneno está na mesa**. Rio de Janeiro: Caliban, 2011. *Documentário*. Disponível em: [https://caliban.com.br/blog/filmografia/\\_o-veneno-esta-na-mesa](https://caliban.com.br/blog/filmografia/_o-veneno-esta-na-mesa) Acesso em: 11 abr. 2024.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. Primeiro Simulado externo em Caldas-MG é destaque na mídia local. **Indústrias Nucleares do Brasil**, 2020. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/primeiro-simulado-externo-em-caldas-mg-e-destaque-na-midia-local/Origem/1634> Acesso em: 28 jan. 2020.

SANTOS, Boaventura de Sousa; ARAÚJO, Sara; BAUMGARTEN, Maíra. As Epistemologias do Sul num mundo fora do mapa. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 18,

n. 43, p. 14-23, set./dez. 2016.

## APÊNDICE A – Questionário

### 1. Faixa etária:

De 40 a 50 anos	De 51 a 60 anos	De 61 a 70 anos	Acima de 70 anos
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 2. Gênero:

Feminino	Masculino	Outro	Prefiro não dizer
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 3. Raça/Cor/Etnia (autoclassificação ou autodeclaração):

Cor Branca	Cor Preta	Cor Parda	Cor Amarela	Indígena
<input type="radio"/>				

### 4. Situação de trabalho:

Desempregado	Aposentado	Autônomo	Empregado com registro
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 5. Escolaridade:

Não alfabetizado	Ensino Fundamental incompleto	Ensino Fundamental completo	Ensino Médio incompleto	Ensino Médio completo	Ensino Superior incompleto	Ensino Superior completo	Pós-Graduação
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 6. Você sabe quais riscos que a mineração de urânio pode causar?

( ) Sim ( ) Não

**7. Você ou alguém da sua família já sofreu algum risco vindo da mineração de urânio?**

Sim  Não  Talvez

**Se sim, qual (is)?**

**8. Você ou alguém da sua família foi informado sobre os riscos que estão expostos?**

Sim  Não

**Se sim, como?**

**9. Você ou sua família notou alterações no ambiente (agricultura, pecuária, solo, água, ar, ruídos, animais, plantas) próximo a vocês, após a instalação da mineradora?**

Sim  Não  Talvez

**Se sim, qual (is)?**

**10. Você notou alterações na saúde da sua família e/ou da comunidade após a instalação da mineradora?**

Sim  Não  Talvez

**Se sim, qual (is)?**

## ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG - CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3701 9153



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE -Participante da Pesquisa-

#### Dados de Identificação

**Título da pesquisa:** Mineração e justiça ambiental: o caso da primeira barragem de exploração de urânio no Brasil em Caldas-MG e os impactos socioambientais

**Pesquisador(a) responsável:** Vivian Ariane de Oliveira Costa

**Pesquisador(es) participante(s):** Luciana Botezelli; Luiz Felipe Silva

**Nome do participante:**

**Data de nascimento:**

**CPF:**

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário(a), do projeto de pesquisa Mineração e justiça ambiental: o caso da primeira barragem de exploração de urânio no Brasil em Caldas-MG e os impactos socioambientais de responsabilidade da pesquisadora Vivian Ariane de Oliveira Costa. Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, e no caso de aceitar fazer parte do nosso estudo assine ao final deste documento, que consta em duas vias. Uma via pertence a você e a outra a pesquisadora responsável. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a instituição. Em caso de recusa você não sofrerá nenhuma penalidade.

**Ao ler os itens abaixo, você deve declarar se foi suficientemente esclarecido(a) sobre as etapas da pesquisa ao final desse documento.**

1. Esta pesquisa tem por objetivo investigar os impactos da mineração de urânio em Caldas-MG nos âmbitos da saúde coletiva e da justiça ambiental, a partir dos moradores no seu entorno.
2. A sua participação nesta pesquisa consistirá em responder ao questionário a fim de que sejam colhidos dados para a análise de sua percepção sobre os impactos da mineração de urânio em Caldas-MG nos âmbitos da saúde coletiva e da justiça ambiental. O tempo para responder o questionário é aproximadamente 10 (dez) minutos e você é livre para expressar sua opinião sem interferência da pesquisadora. Haverá o registro de áudio da entrevista, caso haja seu consentimento. Não haverá divulgação individualizada dos nomes e dados dos entrevistados.
3. Durante a execução da pesquisa poderão ocorrer riscos de dificuldades de compreensão das questões e expressão das percepções. Devido à pandemia de COVID-19, a abordagem pessoal pode trazer receios. Outros riscos possíveis podem ser desconforto; medo; vergonha; estresse; quebra de sigilo; cansaço; aborrecimento; invasão de privacidade; possibilidade de constrangimento; disponibilidade de tempo para responder ao instrumento; alterações de comportamento; desconforto emocional

Rubrica do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_ Rubrica do(a) participante: \_\_\_\_\_ Pág. 1 de 4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 708, Sala 314 E - Alfenas/MG- CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3791-4153



relacionado a presença da pesquisadora; responder a questões sensíveis, tais como aquelas relacionadas às atividades da mineradora; discriminação e estigmatização a partir do conteúdo revelado; divulgação de dados confidenciais; desconfortos e constrangimentos quando há falta de cuidado na elaboração do conteúdo e no modo de aplicação; alterações na autoestima provocadas pela evocação de memórias ou por reforços na conscientização sobre uma condição física ou psicológica restritiva ou incapacitante; alterações de visão de mundo, sobretudo a respeito dos impactos causados pela mineração de urânio no município; invasão de privacidade; divulgação de dados confidenciais; interferência na vida e na rotina dos participantes; embaraço de interagir com estranhos e medo de repercussões eventuais. Para a minimização dos riscos serão adotadas as seguintes medidas: explicar claramente sobre o conteúdo das perguntas, sem interferência da pesquisadora; utilizar ações preventivas de segurança contra a COVID-19 como o distanciamento social, o uso de álcool em gel e máscaras; garantir o sigilo em relação as suas respostas, as quais serão tidas como confidenciais e utilizadas apenas para fins científicos; garantir o acesso em um ambiente que proporcione privacidade durante a coleta de dados, uma abordagem humanizada, optando-se pela escuta e pelo acolhimento do participante, obtenção de informações, apenas no que diz respeito àquelas necessárias para a pesquisa; garantir a não identificação nominal no formulário nem no banco de dados, a fim de garantir o seu anonimato; esclarecer e informar a respeito do anonimato e da possibilidade de interromper o processo quando desejar, sem danos e prejuízos à pesquisa e a si próprio; assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de auto-estima, de prestígio e/ou econômico-financeiro; garantir explicações necessárias para responder as questões; garantir local reservado e liberdade para não responder questões constrangedoras; garantir a retirada do seu consentimento prévio, ou simplesmente interrupção do autopreenchimento das respostas e não enviar o formulário, caso desista da pesquisa; garantir ao participante a liberdade de se recusar a ingressar e participar do estudo, sem penalização alguma por parte dos pesquisadores; orientar aos participante que a concordância ou não em participar da pesquisa em nada irá alterar sua condição e relação civil e social com a equipe de pesquisa e a Universidade de origem; garantir uma abordagem cautelosa ao indivíduo considerando e respeitando seus valores, cultura e crenças, promoção de privacidade em ambiente tranquilo e seguro; garantir o zelo pelo sigilo dos dados fornecidos e pela guarda adequada das informações coletadas, assumindo também o compromisso de não publicar o nome dos participantes (nem mesmo as iniciais) ou qualquer outra forma que permita a identificação individual; garantir que não haverá interferência dos pesquisadores nos procedimentos habituais do local de estudo ou na vida do participante; garantir ao participante de pesquisa o direito de acesso ao teor do conteúdo do instrumento (tópicos que serão abordados) antes de responder as perguntas, para uma tomada de decisão informada e informar ao participante de pesquisa que somente após ter dado o seu consentimento o questionário será aplicado.

4. Ao participar desse trabalho você contribuirá para a ampliação e a difusão do conhecimento sobre como as atividades de mineração de urânio podem impactar a vida de moradores ao seu entorno, além de incentivar para que ações e políticas públicas sejam direcionadas a estes lugares.

Rubrica do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_ Rubrica do(a) participante: \_\_\_\_\_ Pág. 2 de 4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG - CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3701 9153



5. Sua participação neste projeto terá a duração de 15 minutos, em uma única abordagem.
6. Você não terá nenhuma despesa por sua participação na pesquisa, sendo os questionários, entrevistas, aulas, cursos, palestras, consultas/exames/tratamentos/etc. totalmente gratuitos; e deixará de participar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerá qualquer prejuízo.
7. Você foi informado e está ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação, no entanto, caso você tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, terá direito à buscar ressarcimento.
8. Caso ocorra algum dano, previsto ou não, decorrente da sua participação no estudo, você terá direito a assistência integral e imediata, de forma gratuita (pelo patrocinador e/ou pesquisador responsável), pelo tempo que for necessário; e terá o direito a buscar indenização.
9. Será assegurada a sua privacidade, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, identificá-lo(a), será mantido em sigilo. Caso você deseje, poderá ter livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois da sua participação.
10. Você foi informado(a) que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e que os resultados da pesquisa, poderão ser publicados/divulgados através de trabalhos acadêmicos ou artigos científicos por profissionais da área.
11. Conforme o item III.2, inciso (i) da Resolução CNS 466/2012 e o Artigo 3º, inciso IX, da Resolução CNS 510/2016, é compromisso de todas as pessoas envolvidas na pesquisa de não criar, manter ou ampliar as situações de risco ou vulnerabilidade para os indivíduos e coletividades, nem acentuar o estigma, o preconceito ou a discriminação. Por esses motivos,

AUTORIZO ( ) / NÃO AUTORIZO ( )

12. Você poderá consultar a pesquisadora Vivian Ariane de Oliveira Costa no seguinte telefone (35) 91014-1204 ou email [vivi\\_ariane@yahoo.com.br](mailto:vivi_ariane@yahoo.com.br) e/ou o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CEP/UNIFAL-MG\*), com endereço na Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Cep - 37130-000, Fone: (35) 3701 9153, no e-mail: [comite.etica@unifal-mg.edu.br](mailto:comite.etica@unifal-mg.edu.br) sempre que entender necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa e sua participação.

*\*O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CEP/UNIFAL-MG) é um colegiado composto por membros de várias áreas do conhecimento científico da UNIFAL-MG e membros da nossa comunidade, com o dever de defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento científico dentro de padrões éticos.*

Rubrica do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_ Rubrica do(a) participante: \_\_\_\_\_ Pág. 3 de 4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG  
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG - CEP 37130-000  
Fone: (35) 3791-9123



Eu, \_\_\_\_\_, CPF nº \_\_\_\_\_,  
declaro ter sido informado (a) e concordo em participar, como voluntário, do projeto de  
pesquisa acima descrito.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
(Cidade), (dia) de (mês) de (ano)

-----  
(Assinatura do participante da pesquisa)

*Botá*

(Assinatura da pesquisadora responsável / pesquisadora participante)

## ANEXO B – Parecer Consubstanciado do CEP – Plataforma Brasil

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS - UNIFAL

## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** MINERAÇÃO E JUSTIÇA AMBIENTAL: O CASO DA PRIMEIRA BARRAGEM DE EXPLORAÇÃO DE URÂNIO NO BRASIL EM CALDAS - MINAS GERAIS (MG) E OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

**Pesquisador:** VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 66020122.5.0000.5142

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.922.071

**Apresentação do Projeto:**

O projeto pretende investigar os impactos do empreendimento de mineração de urânio no município de Caldas-MG, a partir de moradores no seu entorno, a partir de uma perspectiva do direito ambiental e da saúde coletiva. Justifica-se pela importância em ouvir as pessoas atingidas pelos grandes projetos de "desenvolvimento" e faz-se relevante, uma vez que se trata de um tema atual e de grande repercussão regional. Metodologia participativa, por meio da aplicação de questionários e análise de conteúdo para alcançar os objetivos específicos de descrever qual a percepção dos moradores em relação aos impactos da mineração nos âmbitos da saúde coletiva e da justiça ambiental, discutir os possíveis riscos ao meio ambiente oriundos da mineração de urânio em Caldas – MG e verificar a percepção dos moradores de Caldas-MG quanto à relação entre o progresso econômico, a conservação da natureza e a dignidade da vida humana. O projeto tem financiamento próprio e não foi identificado conflito de interesse.

**Objetivo da Pesquisa:**

1) Descrever qual a percepção dos moradores de Caldas-MG em relação aos impactos da mineração nos âmbitos da saúde coletiva e da justiça ambiental. 2) Discutir os possíveis riscos ao meio ambiente oriundos da mineração de urânio em Caldas – MG. 3) Verificar a percepção dos moradores de Caldas-MG quanto à relação entre o progresso econômico, a conservação da natureza e a dignidade da vida humana.

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-001  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

Continuação do Parecer: 5.922.071

Análise CEP: os objetivos são exequíveis.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**RISCOS:** Durante a execução da pesquisa poderão ocorrer riscos de dificuldades de compreensão das questões e expressão das percepções. Devido à pandemia de COVID-19, a abordagem pessoal pode trazer receios. Outros riscos possíveis podem ser desconforto; medo; vergonha; estresse; quebra de sigilo; cansaço; aborrecimento; invasão de privacidade; possibilidade de constrangimento; disponibilidade de tempo para responder ao instrumento; alterações de comportamento; desconforto emocional relacionado a presença da pesquisadora; responder a questões sensíveis, tais como aquelas relacionadas às atividades da mineradora; discriminação e estigmatização a partir do conteúdo revelado; divulgação de dados confidenciais; desconfortos e constrangimentos quando há falta de cuidado na elaboração do conteúdo e no modo de aplicação; alterações na autoestima provocadas pela evocação de memórias ou por reforços na conscientização sobre uma condição física ou psicológica restritiva ou incapacitante; alterações de visão de mundo, sobretudo a respeito dos impactos causados pela mineração de urânio no município; invasão de privacidade; divulgação de dados confidenciais; interferência na vida e na rotina dos participantes; embaraço de interagir com estranhos e medo de repercussões eventuais.

Para a minimização dos riscos serão adotadas as seguintes medidas: explicar claramente sobre o conteúdo das perguntas, sem interferência da pesquisadora; utilizar ações preventivas de segurança contra a COVID-19 como o distanciamento social, o uso de álcool em gel e máscaras; garantir o sigilo em relação às suas respostas, as quais serão tidas como confidenciais e utilizadas apenas para fins científicos; garantir o acesso em um ambiente que proporcione privacidade durante a coleta de dados, uma abordagem humanizada, optando-se pela escuta e pelo acolhimento do participante, obtenção de informações, apenas no que diz respeito àquelas necessárias para a pesquisa; garantir a não identificação nominal no formulário nem no banco de dados, a fim de garantir o seu anonimato; esclarecer e informar a respeito do anonimato e da possibilidade de interromper o processo quando desejar, sem danos e prejuízos à pesquisa e a si próprio; assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou econômico-financeiro; garantir explicações necessárias para responder as questões; garantir local reservado e liberdade para não responder questões constrangedoras; garantir a retirada do seu

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
Bairro: centro CEP: 37.130-001  
UF: MG Município: ALFENAS  
Telefone: (35)3701-9153 Fax: (35)3701-9153 E-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS - UNIFAL



Continuação do Protocolo: 5.922.071

consentimento prévio, ou simplesmente interrupção do preenchimento das respostas e não enviar o formulário, caso desista da pesquisa; garantir ao participante a liberdade de se recusar a ingressar e participar do estudo, sem penalização alguma por parte dos pesquisadores; orientar aos participante que a concordância ou não em participar da pesquisa em nada irá alterar sua condição e relação civil e social com a equipe de pesquisa e a Universidade de origem; garantir uma abordagem cautelosa ao indivíduo considerando e respeitando seus valores, cultura e crenças, promoção de privacidade em ambiente tranquilo e seguro; garantir o zelo pelo sigilo dos dados fornecidos e pela guarda adequada das informações coletadas, assumindo também o compromisso de não publicar o nome dos participantes (nem mesmo as iniciais) ou qualquer outra forma que permita a identificação individual; garantir que não haverá interferência dos pesquisadores nos procedimentos habituais do local de estudo ou na vida do participante; garantir ao participante de pesquisa o direito de acesso ao teor do conteúdo do instrumento (tópicos que serão abordados) antes de responder as perguntas, para uma tomada de decisão informada e informar ao participante de pesquisa que somente após ter dado o seu consentimento o questionário será aplicado.

**BENEFÍCIOS:** ampliação e a difusão do conhecimento sobre os impactos de atividades de mineração de urânio no meio ambiente e na saúde da população. Poderá se mostrar como um incentivo para que ações e políticas públicas sejam direcionadas a estes lugares, além de poder contribuir para a produção de materiais informativos para a população que convive com esta realidade.

Riscos muito bem delineados e com boas medidas de mitigação.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa relevante e exequível. O cronograma está adequado à propositura do projeto.

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

- a. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) - presente e adequado
- b. Termo de Assentimento (TA) - não se aplica
- c. Termo de Assentimento Esclarecido (TAE) - não se aplica
- e. Termo de Compromisso para Utilização de Dados (TCUD) - não se aplica

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
 Bairro: centro CEP: 37.130-001  
 UF: MG Município: ALFENAS  
 Telefone: (35)3701-9153 Fax: (35)3701-9153 E-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS - UNIFAL



Continuação do Parecer: 5.922.071

- f. TAI – Termo de Anuência Institucional do diretor do Instituto - presente e adequado
- g. Folha de rosto - presente e adequada
- h. Projeto de pesquisa completo e detalhado - presente e adequado
- j. Termo de compromisso para desenvolvimento de protocolos de pesquisa no período da pandemia do coronavírus (covid-19) - presente e adequado
- k. Formulário de encaminhamento - presente e adequado
- l. Declaração de Compromisso do pesquisador responsável - presente e adequado
- m. Instrumentos de pesquisa - presente e adequado

**Recomendações:**

Não há.

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

Recomenda-se a aprovação do projeto.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Este CEP emite parecer após reunião remota ordinária.

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P ROJETO_2063882.pdf	13/12/2022 05:13:35		Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	13/12/2022 05:11:59	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	13/12/2022 05:09:17	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
 Bairro: centro CEP: 37.130-001  
 UF: MG Município: ALFENAS  
 Telefone: (35)3701-9153 Fax: (35)3701-9153 E-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS - UNIFAL



Continuação do Parecer: 5.622.071

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_adequado.docx	13/12/2022 05:05:39	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Vivian_adequado.pdf	13/12/2022 05:05:07	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito
Outros	Termo_Compromisso_Pesquisa_Pande mia.pdf	08/12/2022 13:08:23	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito
Outros	Form_encaminhamento_discentes_assi nado.pdf	08/12/2022 13:03:32	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito
Outros	Questionario.docx	08/12/2022 13:02:53	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito
Outros	TAI_assinado.pdf	08/12/2022 13:00:59	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito
Outros	Declaracao_Compromisso_assinado.pdf	08/12/2022 13:00:20	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto_assinada.pdf	08/12/2022 12:53:14	VIVIAN ARIANE DE OLIVEIRA COSTA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ALFENAS, 02 de Março de 2023

Assinado por:

CARLA HELENA FERNANDES  
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 B  
Bairro: centro CEP: 37.130-001  
UF: MG Município: ALFENAS  
Telefone: (35)3701-6153 Fax: (35)3701-6153 E-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br