



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE DIREITO – FD

DANILO SANTOS BORGES

**O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO COMO CAMINHO JURÍDICO FRENTE À
LACUNA REGULATÓRIA DA MINERAÇÃO DE URÂNIO E DO SEU PRODUTO
RADÔNIO NO BRASIL**

Brasília – DF

2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE DIREITO – FD

DANILO SANTOS BORGES

**O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO COMO CAMINHO JURÍDICO FRENTE À
LACUNA REGULATÓRIA DA MINERAÇÃO DE URÂNIO E DO SEU PRODUTO
RADÔNIO NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Direito.

Orientadora: Prof. Dra. Gabriela Garcia Batista Lima Moraes.

Brasília – DF

2023

DANILO SANTOS BORGES

**O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO COMO CAMINHO JURÍDICO FRENTE À
LACUNA REGULATÓRIA DA MINERAÇÃO DE URÂNIO E DO SEU PRODUTO
RADÔNIO NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Direito.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Gabriela Garcia Batista Lima Moraes – Orientadora
FD/UnB

Prof^a. Dra. Carina Costa de Oliveira – Examinadora
FD/UnB

Prof. Dr. Adriano Drummond Caçado Trindade – Examinador
Membro Externo

Prof^a. Dra. Inez Lopes Matos Carneiro de Farias – Suplente
FD/UnB

Brasília, ____ de _____ de 2023

Aos meus pais, Sebastião (in memoriam) e Zilda, por serem a minha base, desde cedo me ensinando a importância da educação, honestidade e do trabalho.

Ao meu irmão Gabriel, por apesar de ser quinze anos mais novo que eu, é um dos meus maiores exemplos de resiliência, gentileza e respeito.

À minha esposa Marina, por ser a definição perfeita de companheirismo, sendo motivação das minhas vitórias, e porto seguro nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço os meus pais, Sebastião (*in memoriam*) e Zilda, por desde minha tenra idade me ensinarem através de exemplos, princípios e valores morais e éticos essenciais para a construção de um cidadão. Dentre eles, a educação, honestidade e o trabalho. Tais ensinamentos moldaram meu ser e espero que possa dar continuidade a esse legado recebido. Ao meu saudoso tio Chico e minha tia Cida que sempre estiveram ao meu lado.

Ao meu irmão Gabriel, que apesar de ser bem mais novo é um grande exemplo de maturidade para mim.

À minha esposa Marina que, de forma tão companheira, sempre está ao meu lado, me dando força para vencer os desafios da vida e sendo meu porto seguro nos momentos difíceis. Com ela aprendi a ser uma pessoa melhor, bem como compreendi a riqueza que é compartilhar uma vida.

Aos meus sogros, Irene e Silvestre, os quais me receberam em sua família, com muita gentileza, confiança e alegria.

A professora e orientadora Dra. Gabriela Moraes, cuja sabedoria e sensibilidade são exemplos para nossa Faculdade de Direito. Sou eternamente grato à honra de tê-la como orientadora deste trabalho, encontrando tempo em sua agenda sobrecarregada de atividades acadêmicas.

Aos professores Dra. Carina Oliveira, Dr. Adriano Trindade e Dra. Inez Lopes por terem aceito o convite em participar dessa banca. É uma honra tê-los como avaliadores deste trabalho.

Agradeço as colaboradoras da Loteria Novo Horizonte (Maristela, Walquiria, Mabel, Suziane e Leidiane), da Embalagens Goiás (Roger, Patrícia, Joelma, Júnior e Gaudino), e particularmente ao meu sócio José Trindade.

Registro meus agradecimentos também aos amigos da *bastter.com* (moderadores e foristas), minha psicoterapeuta, Lilian Ettinger, e amigos e colegas da UnB, Bianca Guimarães, Rafael de Deus, André Ferraço e todos os membros do Grupo de Estudos em Direito, Recursos Naturais e Sustentabilidade (GERN) da UnB.

Agradeço à cidade de Caetité-BA, onde nasci, tenho fortes laços afetivos e que serviu de base teórica deste trabalho. Por fim, estendo meus agradecimentos aos servidores da Faculdade de Direito da Universidade de Brasília

*“Já ouvi muita gente falar sobre uma
Guerra Nuclear teórica... E se alguma
vez ela vier?*

*Bem, a Guerra Nuclear está aqui!
É isso que o mineiro de urânio de
Navajo morto é. Ele é uma vítima dessa
guerra. É isso que os natimortos e
abortados são em Pine Ridge, onde a
radioatividade chegou à água.”¹
(tradução nossa)*

¹ John Trudell (1946-2015): cantor, poeta, escritor, ator e um dos primeiros ativistas em vários movimentos de defesa dos direitos dos povos indígenas nos EUA. Trecho original: *“I’ve heard a lot of people talk about the theoretical Nuclear War...What if it ever comes? Well, the Nuclear War is here! That’s what dead Navajo uranium miner is. He’s a victim of that war. That’s what the stillbirths and miscarriages are on Pine Ridge where the radioactivity has reached into the water.”*

RESUMO

O presente trabalho de dissertação de mestrado tem como objetivo verificar como está posta a atividade de mineração de urânio no Brasil, em termos gerais e especificamente na questão ambiental. Nessa seara, é apresentado o duplo risco do urânio, sendo este tóxico e radioativo. Enquanto a toxicidade é uma característica química particular do próprio elemento urânio, a radiação majoritariamente provém do gás radônio, o qual é gerado a partir do decaimento natural do urânio, que é um processo no qual o elemento químico emite partículas ou radiação e se transmuta a fim de tornar mais estável. Em que pese os estudos dos riscos de dano relacionados a operários de minas de urânio serem comprovados cientificamente, ainda restam incertezas científicas sobre a extensão do dano para regiões próximas a esse tipo de atividade.

Apesar de ser um elemento considerado carcinogênico, e representar mais da metade da radiação natural que o ser humano em geral recebe em vida, o radônio em ambiente aberto, especialmente em locais ricos em urânio natural, ou limítrofes às operações de lavra uranífera ainda não conta com uma regulação que garanta a proteção socioambiental adequada, sobretudo ao considerarmos possíveis incertezas científicas inerentes aos seus riscos de radiação e contaminação.

Nesse sentido, ao se vislumbrar um ordenamento internacional e nacional com lacunas regulatórias para o controle do urânio *in natura*, principalmente em situações de extração a céu-aberto, e no que diz respeito ao seu decaimento natural, podendo gerar maior exposição ao gás radônio, em que se configura um estado de incertezas sobre a extensão do dano além da lavra, apresenta-se o Princípio da Precaução no Direito ambiental como ferramenta adequada para suprir os lapsos no ordenamento e como meio de garantir minimamente respostas aos riscos para populações que residem próximo às minas de urânio.

Palavras-Chave: urânio, radônio, nuclear, radioatividade, precaução, prevenção, responsabilidade civil nuclear, setor nuclear, direito ambiental, mineração

ABSTRACT

The present master's dissertation aims to verify how the uranium mining activity in Brazil is placed, in general terms and specifically in the environmental issue. In this regard, the double risk of uranium is presented, being toxic and radioactive. While toxicity is a particular chemical characteristic of the uranium element itself, radiation comes mostly from radon gas, which is generated from the natural decay of uranium, a process in which the chemical element emits particles or radiation and transmutes to become more stable. Although the studies of the risks of damage related to uranium mine workers are scientifically proven, scientific uncertainties remain about the extent of the damage to regions close to this type of activity.

Despite being an element considered to be carcinogenic, and representing more than half of the natural radiation that humans in general receive during their lives, radon in the open environment, especially in places rich in natural uranium, or adjacent to uranium mining operations, still does not have a regulation that guarantees adequate social and environmental protection, especially when considering possible scientific uncertainties inherent to its radiation and contamination risks.

In this sense, when we observe an international and national order with regulatory gaps for the control of uranium in natura, especially in situations of open-pit extraction, and with regard to its natural decay, which may generate greater exposure to radon gas, in which there is a state of uncertainty about the extent of damage beyond the mining, the Precautionary Principle in Environmental Law is presented as an adequate instrument to fill in the gaps in the legal system and as a means of minimally ensuring responses to the risks for populations residing near uranium mines.

Keywords: uranium, radon, nuclear, radioactivity, precaution, prevention, nuclear liability, nuclear industry, environmental law, mining

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELA

Figura: 1 Ciclo do Combustível Nuclear.....	19
Figura 2: visão de satélite da única planta de extração de urânio atualmente em operação no Brasil.....	21
Figura 3: imagem mais detalhada da única planta de extração de urânio em operação no Brasil.....	21
Figura 4: minas de extração de urânio no Brasil.....	22
Figura 5 – explosões registradas na retomada da mineração de urânio no Brasil.....	48
Figura 6 – funcionário da INB manuseando um barril de concentrado de urânio (pó) - <i>yellow cake</i>	49
Figura 7 – Concentração de urânio em águas subterrâneas em poços de comunidades vizinhas à mina de urânio em Caetité-BA do ano de 2008.....	50
Figura 8 – históricos de acidentes registrados na lavra de urânio, em Caetité, durante os anos de 2000 a 2013.....	53
Figura 9 – Exemplos de radiações não-ionizantes e ionizantes.....	57
Figura 10: Média da porcentagem de fontes de exposição à radiação recebidas pelo ser humano ao longo da vida.....	60
Figura 11: Concentração de radônio no ar de comunidades vizinhas à mina de urânio em Caetité-BA do ano de 2006.....	66
Figura 12: residência vizinha ao empreendimento de extração de urânio em Caetité-BA.....	67
Figura 13: Demonstração como o solo pode interferir na concentração de radônio <i>indoor</i>	68
Figura 14: Limites de Doses Anuais da Norma NN 3.01.....	110
Figura 15: Estágio de implementação de ferramentas de gestão de qualidade do ar no Brasil.....	118
Figura 16: Exemplo de mapa de potencial de risco do radônio no Canadá.....	123
Figura 17: Processo Produtivo do Projeto de Santa Quitéria.....	127
Figura 18: Quadro informativo do radônio no RIMA do Projeto de Santa Quitéria...	129
Figura 19: Taxa de Mortalidade Traqueia, Brônquios e Pulmão na Bahia, no Sudoeste Baiano e em Caetité, 1980 a 2010.....	167
Tabela 1 – Instituição, Funções e Normativos do Setor Nuclear Brasileiro.....	78-81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABACC – Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares

ABDAN – Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANM – Agência Nacional de Mineração

ANSN – Autoridade Nacional de Segurança Nuclear

ARPANSA – *Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency*

ATSDR – *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*

CCOHS – *Canadian Centre for Occupational Health and Safety*

CDC – *Centers for Disease Control and Prevention*

CDPNB – Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CIDH – Corte Interamericana de Direitos Humanos

CIJ – Corte Internacional de Justiça

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CRCN-NE – Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste

CRIIRAD – *Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité*

CTBT – *Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty*

CTMSP – Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EJOLT - *Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade*

ENBPar – Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A.

ENSP – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca

EPA – *Environmental Protection Agency*

IAEA – *International Atomic Energy Agency*

IARC - *International Agency for Research on Cancer*

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INB – Indústrias Nucleares do Brasil S.A

INCA – Instituto Nacional de Câncer
IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária
MP – Medida Provisória
MRE – Ministério das Relações Exteriores
NEI – *Nuclear Energy Institute*
NRC – *Nuclear Regulatory Commission*
NUCLEP – Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.
OGM – Organismos Geneticamente Modificados
OIT – Organização Internacional do Trabalho
OMS – Organização Mundial de Saúde
PMRA-PO – Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional
PNM – Programa Nuclear da Marinha
PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima
PPRO – Programa de Proteção Radiológica Ocupacional
RECA – *Radiation Exposure Compensation Act*
REsp – Recurso Especial
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
SIPRON – Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro
STF – Supremo Tribunal Federal
STJ – Superior Tribunal de Justiça
TNP – Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares
TPAN – Tratado de Proibição de Armas Nucleares
UNACON – Unidade de Alta Complexidade em Oncologia
USGS – *United States Geological Survey*
WHO – *World Health Organization*
WNA – *World Nuclear Association*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 O urânio como elemento central de toda atividade nuclear: a mineração de urânio	17
1.2 Uma compreensão geral do início da regulação do risco de danos nucleares frente aos riscos bélicos e não bélicos decorrentes	26
1.3 Da constatação de uma lacuna regulatória para os riscos do gás radônio e da extração de urânio à luz do princípio da precaução	38
2. A REGULAÇÃO DO URÂNIO NO CENÁRIO BRASILEIRO E A SUA INTERFACE COM OS RISCOS AMBIENTAIS E À SAÚDE HUMANA ENVOLVIDOS	44
2.1 O risco da toxicologia do urânio	46
2.2 O risco da radiação do radônio e sua relação com urânio	56
2.2.1 Radiações em geral.....	56
2.2.2 O risco da radiação do radônio	59
2.2.3 A relação do radônio com o urânio	62
2.3 Breves conclusões gerais do capítulo	69
3. AS LACUNAS NORMATIVAS DIANTE DO RISCO DE DANO E A IMPORTÂNCIA DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO PARA ESTRUTURAR A REGULAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE URÂNIO <i>IN NATURA</i>	70
3.1 Um breve panorama da regulação nuclear no Brasil	70
3.2 As lacunas no ordenamento jurídico: omissões no Direito Internacional e nacional nuclear para os riscos do radônio e mineração de urânio a céu aberto	85
3.2.1 As omissões das fontes internacionais	86
3.2.1.1 A abstenção da AIEA na mineração de urânio	88
3.2.1.2 A omissão de acordos e tratados sobre o tema	94

3.2.1.3 A ausência de discussão em cortes internacionais	99
3.2.2 As lacunas no âmbito nacional	104
3.2.2.1 A não abordagem da mineração do urânio na lei base do setor ..	106
3.2.2.2 A inovação legal insuficiente para o setor mineral nuclear	107
3.2.2.3 A omissão das normas da CNEN	109
3.2.2.4 A omissão do CONAMA e a falta de regulação da qualidade do ar como incremento do risco	114
A) A lacuna na regulação da poluição e controle do ar no Brasil	114
B) Uma breve explanação sobre o controle do risco do radônio em ambiente fechado no direito comparado	121
C) Uma crítica à falta de participação popular na regulação do risco e controle do ar com base no exemplo de Santa Quitéria	126
3.2.2.5 licenciamento duplo, porém incompleto	130
3.2.2.6 A não inclusão da mineração nuclear na responsabilização	139
3.3 Os riscos de radiação e contaminação na norma jurídica: entre a certeza e a incerteza científica	152
3.3.1 O radônio e a mineração de urânio a céu aberto por uma análise pela prevenção nos casos de certeza científica: uma análise pela prevenção nos casos de certeza científica	155
3.3.2 O radônio e a mineração de urânio a céu aberto por uma análise pela precaução nos casos de incerteza científica: uma análise pelo princípio da precaução	158
3.4 Breves conclusões gerais do capítulo	171
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175
ANEXO I – RESULTADOS ENVIADOS PELA INB SOBRE OS NIVEIS DE URÂNIO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CAETITÉ ENTRE 2000 E 2015....	191

ANEXO II - RESULTADOS ENVIADOS PELA INB SOBRE OS NIVEIS DE RADÔNIO NO AR EM CAETITÉ ENTRE 2000 E 2015	200
--	------------

1. INTRODUÇÃO

O urânio² é o elo em comum em praticamente todas as atividades nucleares que envolvem produção de energia ou fins bélicos. Devido a suas características físico-químicas particulares, de ser o último elemento natural da tabela periódica, possuindo o núcleo atômico mais pesado existente na natureza³, e ao mesmo tempo ser um elemento radioativo⁴, é preciso se atentar para alguns aspectos que podem trazer risco grave de dano ambiental e também à saúde humana, principalmente ao considerarmos o produto do seu decaimento natural⁵, o gás radônio, que, sendo inalado ao longo do tempo, aumenta demasiadamente o risco de câncer de pulmão.⁶

² Urânio (símbolo químico U) é um elemento que ocorre naturalmente em larga escala na crosta terrestre, em cerca de duas partes por milhão, o que equivale a 2 gramas de urânio em 1000 kg de solo. Em sua forma pura é um metal pesado de cor prata. Na natureza, os isótopos de urânio (U-234, U-235 e U-238) são encontrados na seguinte proporção aproximada: U-238, 99,28%; U-235, 0,72%; e U-234, 0,0057%. Os Isótopos de urânio natural decompõem emitindo principalmente partículas alfa. Por sua propriedade fissil (quando se utiliza nêutrons para quebrar um núcleo de um átomo instável em átomos menores, liberando grande quantidade de energia), o urânio é o elemento utilizado em reatores para geração de energia elétrica. Para isso ocorrer, é elevando a concentração do isótopo mais instável (radioativo), U-235, da concentração natural de 0,72% até 5%. “*Depleted Uranium*”. AIEA. Disponível em: <https://www.AIEA.org/topics/spent-fuel-management/depleted-uranium> Acesso em 09 jan. 2023, e “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-come-e-e-feito?Origem=1087> Acesso em 09 jan. 2023.

³ “Urânio: saiba o que é e pra que serve”. PORTAL DA MINERAÇÃO. Disponível em: <https://portaldamineracao.com.br/uranio-saiba-o-que-e-e-para-que-serve/> Acesso em 09 jan. 2023.

⁴ HEIDER, Mathias. “Urânio”. 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 09 jan. 2023.

⁵ O decaimento está diretamente relacionado com a radioatividade: “A radioatividade é um processo no qual um núcleo instável de um elemento químico, geralmente de alto número atômico, emite espontaneamente partículas e/ou radiação eletromagnética para atingir estabilidade nuclear. Após essa emissão, o núcleo sofre alteração, a qual é denominada transmutação ou decaimento de um elemento químico em outro. [...] Os produtos de decaimento, denominados isótopos filhos ou isótopos radiogênicos podem ser estáveis ou instáveis. Se forem instáveis, sofrerão decaimentos sucessivos até atingirem estabilidade, ou seja, até se formarem isótopos estáveis.” INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS (IAG). USP. Química e Geoquímica do Urânio. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/capitulo%202.pdf> Acesso em 08 fev. 2023. p. 16.

⁶ A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera o gás radônio como o segundo maior causador de câncer de pulmão no mundo, atrás apenas do tabagismo. Esse elemento gera partículas alfa-radioativas, que ficam no ar e são inaladas. Segundo a Fundação do câncer: “Considerado um inimigo oculto, o gás radioativo é inerte, inodoro, incolor e insípido. É originário da quebra natural do urânio [...] presente em solos e rochas”. “Inimigo Oculto”. FUNDAÇÃO DO CÂNCER. 2013. Disponível em: <https://www.cancer.org.br/blog/inimigo-oculto/> Acesso em 09 jan. 2023.

Nesse sentido, é indispensável que se faça uma análise dos normativos internacionais e nacionais relacionados à extração deste minério, a fim de se verificar se foram considerados e propriamente mapeados e regulados os riscos ambientais e humanos que envolvem a atividade minerária do urânio, e paralelamente, do seu produto, via decaimento natural, altamente carcinogênico, o radônio. A título de esclarecimento, o decaimento está diretamente relacionado à busca de estabilidade pelos elementos químicos, em que isto ocorre por meio da emissão de partículas ou radiação.

Modo geral, pretende-se demonstrar que há uma lacuna jurídica internacional e no Brasil na regulação dos riscos ambientais e humanos referentes à extração do urânio natural e da consequente exposição ao radônio e, diante dos riscos associados, o princípio da precaução se torna fundamental na condução da regulação desta atividade.

Nesse diapasão, uma vez entendido alguns elementos gerais sobre o urânio como elemento central de toda atividade nuclear (1.1), há se de esclarecer sobre a regulação do risco na sociedade contemporânea como ponto de partida para compreender como se desdobrou a regulação nuclear, cujo caminho tomado deu maior ênfase, primeiro ao aspecto bélico e, em seguida, na sua relação com acidentes nucleares; considerando, portanto, uma compreensão geral do início da regulação do risco de danos nucleares frente aos riscos bélicos e não bélicos decorrentes (1.2).

Por outro lado, esta situação contribuiu, em alguma medida, com a pouca atenção dos Estados em conhecer todos os riscos inerentes à extração de urânio *in natura* – especialmente no que diz respeito à lavra a céu aberto – e é principalmente para esta situação, que se chama atenção aqui para a importância do princípio da precaução: há incertezas quanto à contaminação e radiação. Nesse viés, também é importante esclarecer sobre este princípio na forma como foi abordado nesta pesquisa, uma vez que se constatou e estruturou a presença de uma lacuna regulatória para os riscos do gás radônio e da extração de Urânio à luz do princípio da precaução (1.3).

1.1 O urânio como elemento central de toda atividade nuclear: a mineração de urânio

Praticamente toda atividade nuclear que envolve produção de energia em reatores tem o urânio como ponto em comum⁷. Este é um dos motivos que requer a atenção ao urânio natural: sendo o elemento indispensável para a cadeia nuclear, ou seja, muito demandado, o aporte normativo deve se dar desde o início do seu manuseio.

“É possível encontrar urânio em muitas regiões da crosta terrestre, sendo o mais comum explorado atualmente a uraninita, composta por UO_2 e U_3O_8 ”⁸. O que torna viável financeiramente extrair o urânio de determinado local é a sua concentração geológica. Assim, a mineração é etapa imprescindível para a obtenção desse recurso, pois é a única forma de obtê-lo.

A temática da lavra de elemento radioativo é tratada no Código de Minas (art. 90, Decreto-Lei N° 227/1967) e outras leis mais específicas do setor⁹, como no art. 4° na Lei N° 6.189/1974, em que fica demonstrada a obrigatoriedade de comunicação à três entidades diferentes quando encontrado urânio, seja na lavra ou mesmo na etapa de pesquisa. *In verbis*:

Art. 4° Na pesquisa ou na lavra autorizadas, a ocorrência de urânio ou de tório obriga o titular a comunicar o fato à Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), à Agência Nacional de Mineração (ANM) e às (INB), sob pena de revogação da autorização. (Redação dada pela Lei nº 14.222, de 2021)

Esse elemento se divide basicamente em três formas (natural, enriquecido e empobrecido)¹⁰, e destaca-se que todas elas têm como base o isótopo U-238, que seria a “matéria-prima” em comum:

⁷ Há pesquisas com reatores usando Tório, mas ainda estão longes de serem utilizados na prática. Como combustível energético o urânio continua sendo indispensável.

⁸ “Mineração de Urânio”. MINAS JR – CONSULTORIA MINERAL. 2019. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/mineracao-de-uranio/> Acesso em 09 jan. 2023.

⁹ Ressalta-se a competência estabelecida constitucional frente à matéria nuclear é federal, seja para explorar os serviços e instalações nucleares e exercer monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados (cf. art. 21, XXIII e art. 177, V), e legislar sobre atividades nucleares de qualquer natureza (art. 22, XXVI).

¹⁰ “Uranium and Depleted Uranium”. AIEA. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/uranium-and-depleted-uranium.aspx> Acesso em 07 fev. 2023.

- 1) Urânio natural: nessa forma, há uma proporção aproximada de 99,3% do isótopo U-238 e 0,7% do U-235, este último o reativo. Por apresentar maior proporção do isótopo estável, é considerado levemente radioativo, sendo, portanto, sua propriedade química de toxicologia, o fator maior de atenção de contaminação ambiental.
- 2) Urânio enriquecido: após o aumento da proporção do elemento físsil, U-235, em processos industriais, o urânio torna-se enriquecido, ou seja, com elevada radioatividade – por isso bastante controlado e fiscalizado. Para fins energéticos, o enriquecimento consiste em aumentar a proporção do U-235 de 0,7%, como é encontrado na natureza, para níveis de 3% a 5%. Enriquecimento a nível de 20% é geralmente utilizado em reatores de pesquisa, e a cerca de 90% em ogivas atômicas¹¹.
- 3) Urânio empobrecido: também denominado, DU (*depleted uranium*), consiste no subproduto do processo de enriquecimento do urânio, e é ainda menos reativo que o urânio natural, uma vez que a proporção do elemento físsil, U-235 é de 0,4%, e do U-238 (estável) é de 99,8%. Por ter altíssima densidade (superior ao do chumbo, por exemplo) e alto ponto de fusão, o urânio empobrecido tem vasta aplicação militar, como em blindagem física de tanques de guerra e encapsulamento de projéteis balísticos.

O enfoque desse trabalho é o urânio natural - U-238, e como seus efeitos toxicológicos e produtos do seu decaimento compõe riscos ambientais graves, no entanto, sem receber a necessária atenção normativa.

O Brasil possui uma das maiores reservas de urânio no mundo, e atualmente conta com apenas uma mina em operação, localizada em Caetité, na Bahia. Nesse sentido, muito da discussão girará em torno desse cenário, pois é onde de fato é testemunhada a execução da política e normativa do setor.

¹¹ Nessa reportagem há explicações e ilustrações bastante didáticas sobre os processos de enriquecimento nuclear: “O que é urânio enriquecido e por que ele está no centro da tensão entre EUA e Irã” BBC NEWS BRASIL. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-48959003> Acesso em 09 jan. 2023.

Com relação aos recursos detidos pelo Brasil, mensura-se que são da ordem de 244.788 toneladas de urânio (U_3O_8), considerando apenas cerca de um terço do território nacional prospectado para esse elemento, o que faz crer que as reservas são bem maiores¹². Apesar de atualmente as concentrações identificadas estarem na Bahia e no Ceará, “a região Norte do país tem potencial para abrigar mais de 300 mil toneladas de urânio. Já foram identificados potenciais áreas em Pitinga (Amazonas), e no Pará¹³.” Mais uma vez, vislumbrando o potencial de exploração de um mineral com características tão particulares como o urânio, inclusive na região amazônica, reforça-se a necessidade de entendê-lo para assim regulá-lo de forma a garantir a segurança ambiental necessária.

Especificamente com relação ao ciclo do combustível nuclear, suas etapas, locais e elementos, expõe-se a seguir o diagrama e etapas conforme extraído de informativo das Indústrias Nucleares do Brasil, a fim de melhor compreensão dessa atividade:

Figura 1: Ciclo do Combustível Nuclear



Fonte: INB. 2022. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear>. Acesso em 09 out. 2022.

¹² LIMA, Fernanda Silva; SILVA FILHO, da Wilson Seraine. Potencial Uranífero Brasil: uma revisão bibliográfica. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.6 .2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31365/pdf> Acesso em 10 fev. 2023. p.3.

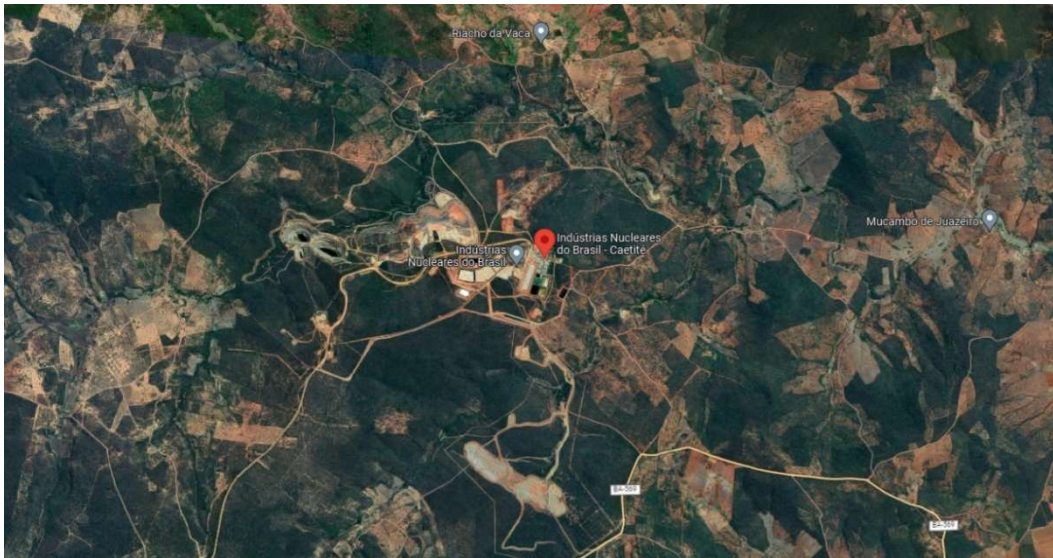
¹³ “Recursos”. INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ur%C3%A2nio/Recursos> Acesso em 09 jan. 2023.

- **“Mineração e beneficiamento** – depois de retirada do capeamento de solo, a rocha contendo urânio é triturada; em seguida, ela é submetida a um processo químico que separa o urânio de outros materiais a ele associados na natureza. O resultado desta primeira etapa do ciclo do combustível é o concentrado de urânio (*yellowcake*). Esta etapa é realizada atualmente na Unidade de Concentração de Urânio em Caetité/BA.
- **Conversão** – o concentrado de urânio é dissolvido e purificado, e então convertido para o estado gasoso, o hexafluoreto de urânio (UF₆), e é somente em forma de gás que ele pode ser enriquecido, passando para a próxima etapa do ciclo do combustível nuclear. Esta etapa ainda não é realizada no Brasil.
- **Enriquecimento** – é o aumento da concentração do urânio o que torna possível a sua utilização como combustível. Essa concentração do isótopo U235 passa de 0,7%, como ele se encontra na natureza, até 5% (suficiente para que ele gere energia). O Brasil utiliza a tecnologia da ultracentrifugação para enriquecer o urânio na Fábrica de Combustível Nuclear da INB em Resende/RJ.
- **Reconversão** – o gás enriquecido é reconvertido em pó de dióxido de urânio (UO₂). Esta etapa é realizada na Fábrica de Combustível Nuclear da INB em Resende/RJ.
- **Fabricação de pastilhas** – é com o urânio enriquecido sob a forma de pó que são fabricadas pastilhas com cerca de um centímetro de diâmetro. Esta etapa é realizada na Fábrica de Combustível Nuclear da INB em Resende/RJ.
- **Fabricação do combustível nuclear** – as pequenas pastilhas de urânio enriquecido são colocadas dentro de varetas de uma liga de aço especial – o *zircaloy*. Em seguida, as varetas são organizadas em feixes, formando uma estrutura firme de até 5 metros de altura - o combustível nuclear. Esta etapa é realizada na Fábrica de Combustível Nuclear da INB em Resende/RJ.
- **Geração de energia** – é a fissão dos átomos de urânio que estão contidos no combustível nuclear dentro do núcleo do reator que gera calor, aquecendo a água, e transformando-a no vapor que faz movimentar as turbinas, gerando assim energia.

Esta etapa do ciclo do combustível nuclear é realizada nas usinas nucleares em Angra dos Reis/RJ, pela Eletrobras/Eletronuclear¹⁴.

A seguir são expostas imagens da única lavra uranífera atualmente em operação no Brasil, a fim de se demonstrar que essa atividade é de grande complexidade e com grande relevância socioambiental:

Figura 2: visão de satélite da única planta de extração de urânio atualmente em operação no Brasil



Fonte: Google Maps: <https://goo.gl/maps/wdAC3ohDuKLxX3pX8>

Figura 3: imagem mais detalhada da única planta de extração de urânio em operação no Brasil.



Fonte: <http://www.brainmarket.com.br/2020/12/05/inb-retoma-producao-de-uranio-em-caetite-ba/> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁴ Para melhor compreensão do ciclo do urânio, ver: “Ligado na Energia: Ciclo do combustível nuclear – INB” Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=eWV1JVrR_oU Acesso em 03 jan. 2023.

Figura 4: minas de extração de urânio no Brasil



Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50077223> Acesso em 09 jan. 2023.

No que tange ao estágio da mineração de urânio no Brasil, podemos observar as seguintes três fases distintas:

1) Caldas - MG¹⁵, teve início em 1982 e funcionou até 1995, tendo suas atividades encerradas por inviabilidade econômica;

2) Caetité - BA¹⁶, onde está localizada a única lavra de urânio em atividade no país. Entre 2000 e 2015, foram produzidas 3.750 toneladas de concentrado de urânio e desde então as operações estavam em suspensão até dezembro de 2020, quando houve a retomada das atividades. Nessa unidade, além da mineração do composto radioativo, também há o beneficiamento do minério, dando origem ao concentrado de urânio (conhecido como *yellow cake*); e

3) Santa Quitéria - CE¹⁷, onde foi criado um consórcio entre a INB e a empresa Galvani, no qual haverá a exploração de urânio e fosfato, sendo este último utilizado pela Galvani para fabricação de fertilizantes e o minério nuclear entregue à INB.

¹⁵ "INB Caldas". INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/A-INB/Onde-estamos/Caldas> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁶ "INB Caetité". INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/A-INB/Onde-estamos/Caetite> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁷ "INB Santa Quitéria – Consórcio Santa Quitéria". INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/A-INB/Onde-estamos/Santa-Quiteria> Acesso em 09 jan. 2023.

Apesar da baixa concentração na associação entre os dois minerais, em termos gerais, devido ao tamanho do depósito uranífero, o urânio a ser extraído dessa região poderia quadruplicar a produção do concentrado no Brasil. A previsão é que o consórcio de Santa Quitéria entre em operação em 2024¹⁸.

A mineração do urânio se divide basicamente em três técnicas: mina a céu aberto, subterrânea e ISL – *In Situ Leach* (ou *In Situ Recovery* – ISR). As primeiras formas consistem, resumidamente, em fazer a remoção de rocha mineralizada do solo, quebrando-a e tratando-a para remover os minerais que estão sendo explorados.

A técnica de exploração por ISL consiste em fazer perfurações no solo, a fim de penetrar nas rochas, bombeando determinada solução a depender do tipo de formação geológica do local. Em seguida, após dissolver o mineral, é feito o bombeamento no sentido contrário, trazendo o minério dissolvido em canos para a superfície, onde dará início ao seu aproveitamento¹⁹.

A ISL, em 2019, provia quase 60% do urânio extraído no mundo, sendo amplamente utilizada em países como EUA, Cazaquistão, Austrália, China e Rússia. Nos EUA, por exemplo, os órgãos ambientais consideram o método de mineração por ISL como mais econômico e ambientalmente aceitável. Segundo a *World Nuclear Association* (WNA), no que diz respeito a questão da liberação de radiação, radônio e pó de minério de urânio, nessa forma de mineração há um impacto mínimo, pois o corpo de minério permanece isolado no subsolo²⁰.

Essa forma de lavar, apesar de ser considerada a mais viável ambiental e economicamente por alguns países, nunca foi e não há planos neste momento para ser implementada no Brasil. Há de se pontuar, no entanto, que conforme os informativos que descrevem essa técnica, é necessário fazer uma análise do solo para se verificar a viabilidade de aplicação da mineração ISL em determinado local. Nesse caso, o Brasil não optando por essa forma de explorar as minas uraníferas, seja por

¹⁸ “INB dá novo formato para mineração em Santa Quitéria e diz que testes em Caetité serão concluídos em julho”. PETRONOTÍCIAS. 2020. Disponível em: <https://petronoticias.com.br/inb-da-nova-roupagem-para-mineracao-de-uranio-em-santa-quiteria-e-diz-que-testes-em-caetite-serao-concluidos-em-julho/> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁹ “*In-situ Leach Uranium Mining*”. EARTHWORKS. Disponível em: https://earthworks.org/issues/in_situ_leach_uranium_mining/ Acesso em 09 jan. 2023.

²⁰ “*In Situ Leach Mining of Uranium*”. WNA. 2020. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/in-situ-leach-mining-of-uranium.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

incompatibilidade técnica ou escolha de gestão do setor, não escapa dos impactos da lavra “padrão”, como a maior dispersão de partículas de urânio no ar, água e solo. Dessa forma, reforça-se a necessidade de atenção na atividade da lavra uranífera no Brasil.

Sobre os rejeitos²¹ da mineração de urânio, destaca-se que eles não estão incluídos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), conforme art. 1º, § 2º: “Esta Lei não se aplica aos rejeitos radioativos, que são regulados por legislação específica.”, nem na norma da ABNT para resíduos sólidos (ABNT NBR 10004)²². Assim, as normas da CNEN, a saber, NN 8.01 (Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação – Resolução 167/14)²³; NN 8.02 (Licenciamento de Depósitos de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação – Resolução 168/14)²⁴ e Posição Regulatória 1.26/001 (Gerenciamento de Rejeitos Radioativos em Usinas Nucleoelétricas)²⁵ são as normas específicas do tema²⁶.

Em que pese essas normas apresentarem recomendações e diretrizes gerais para o armazenamento, gestão e descarte dos rejeitos da atividade nuclear, não se observa um maior detalhamento para a questão do controle do gás radônio – mesmo este sendo altamente cancerígeno e produto direto do minério de urânio. Dessa forma, pontua-se que seja necessário que a CNEN se aprofunde nessa problemática, a fim

²¹ De acordo com a ABNT, lixo é definido como restos de atividades humanas e pode ser classificado como descartáveis, inúteis ou indesejáveis. Resíduos, por sua vez, podem ser reciclados e reutilizados. Os rejeitos são quando não há mais nenhuma possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem. Assim, podemos classificar o gás radônio como um rejeito da mineração de urânio, uma vez que esse elemento é produto do decaimento natural do mineral uranífero, e não existe maneira de aproveitá-lo na atividade de extração do urânio. VIEIRA, Fred. Lixo, Resíduo e Rejeito: qual a diferença entre eles? IWASTE. Disponível em: <https://iwastes.com/2021/07/28/lixo-residuo-e-rejeito-qual-a-diferenca-entre-eles/> 2021. Acesso em 09 fev. 2023.

²² Disponível em: <https://analiticaqmcredidos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf> Acesso em 09 fev. 2023.

²³ Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm801.pdf> Acesso em 09 fev. 2023.

²⁴ Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm802.pdf> Acesso em 09 fev. 2023.

²⁵ Disponível em: http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr800_01.pdf Acesso em 09 fev. 2023.

²⁶ Além desses, a CNEN também apresenta uma Resolução para controle de descarte de para-raios radioativos (Resolução nº 04/89), disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm814.pdf> Acesso em 09 fev. 2023, e a Norma NN 3.01 (Resolução 164/14) apresenta as diretrizes básicas de proteção radiológica, focando nos trabalhadores da indústria nuclear: disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf> Acesso em 09 fev. 2023.

de mitigar riscos de exposição de radônio em populações vulneráveis que residam próximo a empreendimentos de extração de urânio.

Ainda no campo minerário²⁷, como se trata de uma atividade com interferência ambiental, há de reforçar os impactos inerentes à atividade de mineração em geral, para após examinar os riscos específicos relacionados à mineração do U-238.

[...] a prática mineradora pode gerar graves impactos ambientais, por vezes irreversíveis – um gerador de consequências muitas vezes de longa duração capazes de atingir não apenas indivíduos que trabalham diretamente com a atividade, mas também biomas e pessoas que residem próximas ao local explorado. Os problemas ambientais desenvolvidos podem apresentar impactos hídricos, biológicos, atmosféricos e geomorfológicos, sendo os principais: Remoção da vegetação na área de extração e evasão de animais habitantes da área; contaminação dos solos; sedimentação e poluição de rios por indevido descarte de material sem aproveitamento; poluição do ar (quando há queima de material); intensificação de processos erosivos; poluição de recursos hídricos por produtos químicos utilizados na extração mineral; contaminação das águas por vazamento de minerais extraídos; dentre outros. A poluição e contaminação de corpos d'água ocorre normalmente por descarte errôneo de rejeitos produzidos durante o processo de mineração ou pelo próprio minério²⁸.

Também se pontua o impacto e riscos presentes mesmo após o esgotamento da mina. Como exemplos práticos podemos citar um estudo sobre a aferição de toxicidade aguda encontrada em água de efluente de uma mina de urânio abandonada em Portugal²⁹, e o caso da barragem de resíduos da mineração de urânio de Caldas-MG, com cerca de 12,5mil toneladas de resíduos, fruto da exploração uranífera realizada pela INB entre 1982 a 1995³⁰.

²⁷ Cita-se como princípios gerais que sustentam o Direito Minerário: Interesse Nacional/Supremacia do Interesse Público; Soberania dos Recursos Naturais; Dualidade da Propriedade; Prioridade; Compatibilidade Ambiental e Função Social. TRINDADE, Adriano Drummond Cançado. Princípios de Direito Minerário Brasileiro. In: SOUZA, Marcelo Mendo Gomes de (coord.). **Direito Minerário em Evolução**; Belo Horizonte: Editora Mandamentos, 2009, p. 47-76.

²⁸ "Impactos Ambientais causados pela Mineração". PET ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Disponível em: <https://petesa.eng.ufba.br/blog/impactos-ambientais-causados-pela-mineracao> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁹ Antunes, S., Pereira, R. & Gonçalves, F. Acute and Chronic Toxicity of Effluent Water from an Abandoned Uranium Mine. Arch Environ Contam Toxicol 53, (2007). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-006-0011-9#citeas> Acesso em 01 dez. 2022. P. 207–213

³⁰ "MPF em Minas Gerais envia à CNEN e à INB proposta de TAC para barragem de rejeitos nucleares". MPF. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/noticias-mg/mpf-mg-envia-a-cnene-a-inb-proposta-de-tac-para-barragem-de-rejeitos-nucleares> Acesso em 01 dez. 2022.

Em contrapartida, essa atividade também possui ganhos econômicos e sociais, como geração de emprego, circulação de mercadorias e serviços, arrecadação de impostos, melhorias na infraestrutura e desenvolvimento local, entre outros³¹.

Dessa maneira, como sendo o urânio natural o elo insubstituível na cadeia nuclear, e tendo a mineração como sua única forma de obtenção, precisamos iniciar a análise acerca dos riscos do urânio em sua forma natural, indo além dos impactos ambientais inerentes à atividade minerária em geral, conforme já foi exposto. Tendo o U-238 comprovadamente uma ameaça dupla, tóxica e radiológica, é fundamental que sejam considerados ambos os efeitos para a compreensão do risco.

1.2 Uma compreensão geral do início da regulação do risco de danos nucleares frente aos riscos bélicos e não bélicos decorrentes

A mineração de urânio é uma atividade com alto impacto ambiental, e que traz uma série de pontos de atenção que envolvem elementos de risco que devem ser observados. Uma regulação que não esteja orientada claramente com essas especificidades, que desconsidera o urânio *in natura* e os produtos do seu decaimento, como o radônio, acarreta grande potencial de risco socioambiental.

A compreensão e relação do risco, dano e responsabilidade, dentre outras questões correlatas é indispensável quando se analisam atividades que envolvam o tema nuclear, desde a etapa de mineração do mineral radioativo, passando por seu aproveitamento até as etapas de descarte.³²

³¹ PEREIRA, Ricardo da Costa. A Mineração na Vida Das Comunidades: Aspectos Socioeconômicos e Mudanças nas Estruturas de Ambientes Mineiros. 2021. Disponível em: <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/tecnologiaemmineracao/files/2021/07/a-mineracao-na-vida-das-comunidades-aspectos-socioeconomicos-e-mudancas-nas-estruturas-de-ambientes-mineiros.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

³² Os riscos inerentes ao urânio e radônio serão tratados mais detalhadamente no item 2. Neste momento introdutório o foco é delinear as referências teóricas do risco de forma geral.

Dessa forma, pontua-se que o marco teórico deste trabalho tem bases nas noções de risco da sociedade contemporânea de Ulrich Beck³³, em que o risco pode ser definido como uma forma sistemática de lidar com os perigos e as incertezas produzidos e introduzidos pela própria modernização³⁴, e a partir das análises dos seus desdobramentos serão estruturadas as lacunas jurídicas que contornam a atividade minerária uranífera, e como o princípio da precaução pode ser uma ferramenta fundamental na gestão do risco e garantia de proteção ambiental.

Inicialmente observamos que o conceito de risco varia de acordo com diversas ciências e casos em questão³⁵. Em linhas gerais, trata-se “[...] da probabilidade de que um evento, esperado ou não esperado, se torne realidade”³⁶. Sobre o risco ambiental mais especificamente temos que³⁷:

[...] não pode ser confundido com o anúncio de um fato x na hora y. O risco não expressa uma corrente de determinações que conduzem necessariamente a um resultado prognosticado. Falar sobre riscos no campo ambiental tem por isso sempre o caráter de um alerta. Este alerta mobiliza argumentativamente a imaginação de movimentos lineares que levam impreterivelmente à catástrofe, ou pelo menos a um dano irreparável, se nós não fazemos alguma coisa.

Se tradicionalmente risco é tido como oposição à segurança, Niklas Luhmann propõe que risco é contrário a perigo, em que “fala-se de risco quando o dano provável é consequência da ação e está pressuposto a consciência deste dano [...] denomina-

³³ Também serão pontudas as contribuições da noção de risco de Niklas Luhmann, no entanto como a bagagem teórica sobre o tema é bastante vasta, este trabalho não tem a pretensão de esgotar as discussões sobre o risco, mas sim buscar conceitos e ideias centrais e importantes na temática de gestão e sociedade de risco, a fim de comporem as premissas e o marco teórico para as discussões dos riscos da mineração de urânio. Para mais detalhes sobre risco, ver: BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed 34, 2010; VARELLA, Marcelo Dias (org.) **Governo dos Riscos**; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005; MENDES, José Manuel. **Sociologia do Risco: uma breve introdução e algumas lições. Riscos e Catástrofes**. Coimbra University Press. 2016. Disponível em: https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/pub/src/SRCII/Sociologia_do_risco.pdf Acesso em 07 jan. 2023.

³⁴ BECK, Ulrich. **Risk society. Towards a new modernity**. Londres: Sage Publications, 1992. p.21

³⁵ Historicamente a sociedade enfrentava a noção de risco basicamente com os institutos da garantia e da responsabilidade. Apenas com a nova concepção de sociedade de risco é que este passou a compor como um elo inerente às relações sociais, e por consequência não mais gerando ao “direito automático ao ressarcimento” conforme danos sofridos. CAUBET, Christian Guy *In*: VARELLA, Marcelo Dias (org.) **Governo dos Riscos**; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005. p. 26-28

³⁶ DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JÚNIOR, Salvador. **Risco Ambiental: Conceitos e Aplicações. Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro – Vol 2, nº 2. 2007. p.53

³⁷ BRÜSEKE, Franz Josef. **Risco Social, Risco Ambiental, Risco Individual. Papers do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)**. Belém, 1996. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/pnaea/article/view/11920/8247> Acesso em 03 jan. 2023. p. 13-14.

se perigo quando o dano é atribuído a causas externas, que fogem ao controle”. Nesse sentido, não é relevante que quem tem o poder decisório perceba o risco como consequência da sua decisão, ou que o dano ocorra no momento ou após esta decisão. Para Luhmann, o que interessa é a possibilidade de o dano ser evitado³⁸.

Em Sociedade de Risco de Beck³⁹, temos posto uma forma de interpretar como a sociedade moderna se organiza em resposta ao risco: a própria modernização caminha paralelamente com o incremento do risco, o que o torna relevante para o próprio desenvolvimento humano. Além disso, o risco se apresenta de modo reflexivo, ou seja, a sociedade moderna gere as causas de sua própria destruição, mesmo que de forma inconsciente, pois não sabe ou não prevê as consequências deletérias de suas ações⁴⁰. Outros pontos de destaque da Sociedade de Risco são: os riscos são globalizados, ou seja, não estão restritos a localidades ou limitados por fronteiras, classes ou gêneros; e a incerteza produz uma ampla variedade de riscos (ecológicos, militares, econômicos, biológicos, etc.).

Ademais, as causas dos riscos podem se dar de diversos fatores, podendo ser difusos e cumulativos. As cinco principais causas que ocasionam riscos são: tecnológicas, industriais, sanitárias, naturais ambientais e políticas. Os riscos podem se tornar oportunidades de prevenção, ao passo que eles não sejam tomados como “catástrofe”, mas sim como “antecipação da catástrofe”, e assumindo a consciência do risco como global, é necessária a participação de variados entes e organizações internacionais, a fim de soluções práticas integradas e amplamente cobertas⁴¹.

Nesse sentido, fica evidente a necessidade de se identificar como os elementos de risco estão interligados ao Direito Ambiental e ao Direito Nuclear, particularmente na temática da mineração de urânio, em que se demonstrará que a gestão de risco

³⁸ DAVID, Marília Luz. Sobre os Conceitos de Risco em Luhmann e Giddens. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**. V. 8, n. 1, 2011. p. 33-34

³⁹ BECK, op. cit., 2010. p 21-340.

⁴⁰ Ibidem, p. 24

⁴¹ CAUBET, Christian Guy. 2005, p. 26-27

aplicada a esta atividade é deficiente, o que, por isso, demanda soluções principiológicas, tais como o princípio da precaução⁴².

A percepção do risco engloba variados contornos, que inclusive independem do risco concreto do objeto que se teme, e com base nisso são estabelecidos os níveis de aceitação do risco. Vivemos em uma sociedade globalizada, pós-industrial em que as atividades humanas possuem grande potencial de dano (intencional ou acidental), e em que os resultados dos riscos são amplamente difundidos, ou seja, não estão restritos apenas aos geradores do risco. Sobre essa percepção de risco, temos que “existem diversos fatores que contribuem para maior ou menor percepção dos riscos pela sociedade, que variam conforme o tema tratado, o fórum de discussão ou o nível de organização social de determinados segmentos sociais mais ou menos interessados no tema em que se discute”⁴³.

Nesse sentido, a decisão do risco afasta-se do teor técnico e estatístico para se moldar de natureza política, e o Estado opera como um ator bastante relevante nesse campo, por meio de ações próprias ou estimulando ações nos demais entes da sociedade, sendo influenciado por diversos interesses (políticos, econômicos, eleitorais). “A esta ação pública ou privada de gestão de riscos, chamaremos de governo dos riscos”⁴⁴.

Importante frisar que apesar de no plano teórico haver diferentes nuances conforme o autor, não se pode negar que os riscos, especialmente na sociedade atual, em que a própria natureza engloba parte do processo industrial, não podem ser integralmente evitados, ou mesmo não se mostra eficaz uma busca assídua por um nível de “risco zero”, devendo na verdade se investir na administração dos riscos, buscando assim se chegar a “níveis aceitáveis”. Para tanto, os ordenamentos jurídicos criam instrumentos, a exemplo dos princípios, como o da prevenção e da precaução,

⁴² Na doutrina jurídica, o Direito Ambiental é contemplado com diversos princípios, os quais buscam elevar a proteção dos direitos de terceira geração. Como exemplo, os princípios mais consagrados são: Desenvolvimento Sustentável, Reparação Integral, Cooperação, Poluidor-Pagador, Prevenção, Precaução, entre outros. ARRUDA, Carmen Silvia Lima de. Princípios do Direito Ambiental. **Revista CEJ**, Brasília, Ano XVIII, n. 62, jan./abr. 2014. Disponível em: <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r35861.pdf> Acesso em 07 dez. 2022. p. 96-107

⁴³ VARELLA, Marcelo Dias. A Dinâmica e a Percepção Pública de Riscos e as Respostas do Direito Internacional Econômico. p. 78-92 *In*: **Governo dos Riscos**; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005, p. 78.

⁴⁴ *Ibidem*, p. 78-79.

e ferramentas como o Estudo de Impacto Ambiental, e a responsabilização administrativa, civil e penal para absorver e legitimar as atenções dessa gestão de riscos⁴⁵.

A noção da sociedade sobre o risco é fundamental para a sua gestão, pois, é pressuposto fundamental saber em que medida são aceitos os potenciais riscos de determinada atividade. O setor nuclear, além de ser apresentado mundialmente de forma traumática (bombas lançadas no Japão no final da Segunda Guerra Mundial), ainda ficou expressamente marcado por acidentes como de *Chernobyl*, *Three Mile Island* e *Fukushima*, e por isso, apesar de ser intitulada como uma fonte energética bastante segura, o medo social ainda impera nesse setor⁴⁶.

Em que pese a gestão dos riscos demandar grande aporte técnico, sua dinâmica de construção deve estar voltada para o social, uma vez que a racionalidade social que está diretamente ligada à percepção de riscos pela sociedade⁴⁷. Nesse quesito destaca-se a influência da *Radiofobia* como componente de forte interferência na concepção do risco na seara nuclear⁴⁸:

O termo "radiofobia" tem sido uma pedra angular no discurso nuclear ao longo dos últimos 70 anos. Tem sido usado extensivamente para descartar o medo da radiação como sendo uma reação emocional exagerada a um risco que é na verdade muito baixo, decorrente da ignorância pública. Apesar de sua longevidade, pouca atenção tem sido dada ao termo, sua história e aos fatores que sustentam a extrema divergência na percepção do risco a que o termo de fato se refere, ameaçando dificultar severamente quaisquer esforços para corrigir essa divergência. [...] o poderoso imaginário afetivo associado à radiação, agravado por várias heurísticas e preconceitos, torna racional o desconforto público com a radiação ionizante das usinas nucleares - apesar do registro de segurança da energia nuclear em todo o mundo. [...] No entanto, para um discurso nuclear mais construtivo, será necessária uma mudança de paradigma, reconhecendo os complexos fatores históricos e sociopsicológicos que moldaram a radiação para se tornar um processo singularmente temido. Tal reconhecimento será provavelmente um pré-requisito para quaisquer esforços no sentido de normalizar a relação da humanidade com a radiação, e exigiria mudanças consideráveis nas práticas de comunicação.

⁴⁵ Ibidem, 79.

⁴⁶ MONTALVÃO, Edmundo. Energia Nuclear: Risco ou Oportunidade? Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado. Senado Federal. Brasília, 2012. p. 16

⁴⁷ Ibidem, p.80.

⁴⁸ LINDBERGM John C.H.; ARCHER, Denali. *Radiophobia: Useful Concept, or Ostracising Term? Progress in Nuclear Energy*. 2022. Disponível em: <https://shre.ink/1iWe> Acesso em 05 jan. 2023.

Assim, se a apresentação do conhecimento nuclear começou de forma tenebrosa (bombas lançadas no Japão)⁴⁹, os acidentes de *Three Mile Island*, nos EUA, em 1979 e o segundo na União Soviética, ocorrido em 1986, na usina de *Chernobyl*, até hoje em dia tão citados em qualquer discussão do tema, foram o argumento que faltavam para os contrários ao desenvolvimento dessa tecnologia⁵⁰. Esses dois eventos, apesar de serem classificados no “grande grupo” de acidentes nucleares, tiveram situações, atores e contextos peculiares e bastante distintos entre si⁵¹.

Embora o juízo de valor não ser relevante neste trabalho, não obstante, é fundamental trazê-los à tona, pois esses eventos não apenas somaram mais ainda ao imaginário comum dos perigos dessa tecnologia, como também demonstraram de fato que a atividade nuclear, mesmo sem fins bélicos poderia trazer danos incalculáveis e irremediáveis, assim como revelaram a urgência de saber lidar com riscos e em paralelo a necessidade de uma regulação sólida para o setor⁵².

⁴⁹ Sobre armas nucleares, segundo a FAS (*Federation of American Scientists*), “Globalmente, o estoque geral de armas nucleares está diminuindo, mas o ritmo das reduções está diminuindo em comparação com os últimos 30 anos. Além disso, essas reduções estão acontecendo apenas porque os Estados Unidos e a Rússia ainda estão desmantelando ogivas anteriormente aposentadas. Em contraste com o inventário geral de armas nucleares, o número de ogivas nos estoques militares globais – que compreende ogivas atribuídas às forças operacionais – está aumentando mais uma vez. Os Estados Unidos ainda estão reduzindo seu estoque nuclear lentamente. França e Israel têm estoques relativamente estáveis. Mas acredita-se que China, Índia, Coreia do Norte, Paquistão e Reino Unido, bem como possivelmente a Rússia, estejam aumentando seus estoques.” (tradução nossa) Disponível em: <https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/> Acesso em 09 jan. 2023.

⁵⁰ Posteriormente, o acidente de Fukushima passou a integrar esse “rol dos maiores acidentes nucleares da história”. Para saber mais sobre o acidente no Japão, ver: “*Fukushima Daiichi Accident*”. AIEA. 2022. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

⁵¹ Para saber mais detalhes sobre o acidente de Three Mile Island: “*Background on the Three Mile Island Accident*”. USNRC. Disponível em: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html> Acesso em 09 jan. 2023. e Chernobyl: “*Frequently Asked Chernobyl Questions*” AIEA. Disponível em: <https://www.AIEA.org/newscenter/focus/chernobyl/faqs> Acesso em 09 jan. 2023.

⁵² “O acidente de 1979 na unidade 2 da usina nuclear Three Mile Island (TMI) em Harrisburg (Pensilvânia) teve o maior impacto na regulação nuclear de qualquer evento da história. Isso levou a ‘mudanças permanentes e abrangentes’ na forma como as usinas são regulamentadas nos EUA, disse a Comissão Reguladora Nuclear (NRC). (...) O acidente na TMI-2 foi o mais grave na história da operação da usina nuclear comercial dos EUA, embora não tenha levado a mortes ou ferimentos a trabalhadores de usinas ou membros da comunidade próxima. No entanto, trouxe mudanças abrangentes envolvendo planejamento de resposta a emergências, treinamento de operadores de reator, engenharia de fatores humanos, proteção contra radiação e muitas outras áreas de operações de usinas nucleares não apenas nos EUA, mas em todo o mundo.” (tradução nossa) “*Three Mile Island Led To ‘Sweeping and Permanent’ Changes*”. 2009. NUCNET. Disponível em: <https://www.nucnet.org/news/three-mile-island-led-to-sweeping-and-permanent-changes> Acesso em 09 jan. 2023.

Essa constatação implica em um aspecto muito relevante, e que vai pautar a relação do risco e responsabilização aplicada na seara nuclear. O risco que muito fora centrado na ocorrência de um conflito com uso de bombas atômicas⁵³, passa a se voltar também com olhares de atenção para a operação da indústria nuclear. Toda a cadeia de produção do setor, com seus vários elos, demandava controle e cuidados específicos. No entanto, mesmo que se perceba essa ampliação do olhar da gestão de riscos no setor (ampliando do foco bélico para as operações nas usinas), a atividade central, mineração do urânio, ainda permanece sem os aportes jurídicos atrelados ao risco necessários para maior garantia de sua segurança ambiental.

Nesse contexto, vê-se que apesar dos pressupostos teóricos do risco, e da sua presença na atividade da mineração de urânio, a preocupação normativa e socioambiental esteve mais voltada a partir do urânio enriquecido⁵⁴ em diante, principalmente depois que se pôde ter conhecimento da gravidade do seu uso em bombas atômicas e acidentes em reatores.

Em paralelo, o próprio estudo dos riscos do urânio *in natura*, do radônio – fruto do seu decaimento, e os efeitos da radiação não antropogênica, são escassos, enquanto pesquisas e artigos científicos sobre a geopolítica de nações com poder nuclear são bem mais numerosos, por exemplo, ou em outros casos a discussão do urânio como fonte energética, evidentemente focando no seu potencial nuclear e de

⁵³ Pontua-se que em períodos de conflito internacional, como o atual entre a Rússia e a Ucrânia, o debate do uso de armas nucleares não só é revisitado, como também desperta novamente a sensação de insegurança e medo global: “O secretário-geral das Nações Unidas, António Guterres, disse que ‘a humanidade está a um mal-entendido, a um erro de cálculo da aniquilação nuclear’. A fala de Guterres foi feita durante a abertura de uma conferência de um mês para discussões sobre o Tratado de Não-Proliferação Nuclear, e foi um alerta para os perigos de armamentos nucleares, especialmente em momento de instabilidade geopolítico como o atual.[...] Ao citar os perigos de armas nucleares, Guterres citou especialmente a guerra na Ucrânia e a possibilidade do uso destes armamentos em conflitos no Oriente Médio e na Ásia, duas regiões ‘à beira da catástrofe’.” Disponível em: <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2022/08/01/humanidade-est-a-um-passo-errado-da-aniquilao-nuclear-diz-o-secretrio-geral-da-onu.ghtml> Acesso em 09 jan. 2023.

⁵⁴ “O urânio encontrado em sua forma natural (Urânio-238) não produz energia. O processo de enriquecimento é realizado para separar e aumentar a concentração de um dos isótopos do urânio, que sofre um processo de fissão nos núcleos dos reatores nucleares (Urânio-235)” “Enriquecimento”. INB. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear/Enriquecimento> Acesso em 09 jan. 2023.

forma insuficiente tratando do impacto ambiental relacionado à sua exploração mineral⁵⁵.

Essa percepção de risco sem focar na atividade minerária uranífera, e quase integralmente nos quesitos bélicos e operacionais das usinas, pode ser explicada por fatores como: maior potencial de dano e risco global geral de conflitos atômicos⁵⁶ e de acidentes nucleares, principalmente centrado em países com expressivo poder na conjunta internacional, em níveis políticos, militares e econômicos, como EUA, Rússia e Europa Ocidental, e o fato das usinas nucleares geralmente estarem presentes em países mais desenvolvidos.

Enquanto isso, a mineração do urânio foi ficando fora dos holofotes de discussão político-jurídica internacional, e possui a particularidade de ser desenvolvida em diversos países sem grande alcance de voz global, observando-se

⁵⁵ Ao procurar por artigos científicos sobre o tema “nuclear”, ou “urânio”, por exemplo, os resultados apresentados majoritariamente são sobre discussão de armas atômicas e/ou uso do urânio empobrecido (*depleted uranium*) no âmbito geopolítico, como nas guerras do Golfo e da Bósnia. Em linhas gerais, nas temáticas energéticas o foco da discussão paira sobre a funcionalidade dos reatores, viabilidade econômico-social da energia nuclear e vantagens estratégicas dessa fonte energética. No campo das ciências biológicas em geral, a discussão está centrada em estudos da radiação em casos de acidentes em reatores, ou efeito da radiação nos trabalhadores das minas. No campo do Direito, além de também tratar dos aspectos de tratados e acordos internacionais do uso de armas atômicas, o debate entra no campo da responsabilização civil, contudo, sem focar na radiação natural, que é o tema deste trabalho. As bases de pesquisa utilizadas para essa verificação foram a JSTOR: <https://www.jstor.org/> e SciELO: <https://scielo.org/>

⁵⁶ Como exemplo disso, em 2015 foi assinado o Pacto Nuclear entre Irã e os cinco membros permanentes do Conselho de Segurança da ONU (Estados Unidos, China, Rússia, França e Reino Unido), além da Alemanha, em que o Irã permitia a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) fiscalizar seu programa nuclear, para averiguar o grau de enriquecimento de urânio, e como consequência haveria a retirada das sanções a este país. Por outro lado, as condições e impactos ambientais da exploração mineral do urânio jamais foram matéria de discussão no âmbito do Direito Internacional nesse nível. “*What is the Iran Nuclear Deal?*”. CFR. Disponível em: <https://www.cfr.org/background/what-iran-nuclear-deal> Acesso em 09 jan. 2023.

assim, inclusive a transferência de risco entre nações⁵⁷, e mesmo nas atividades minerárias uraníferas nos países desenvolvidos, essa exploração geralmente ocorre em locais isolados, como se observa em uma das maiores minas do mundo, *Cigar Lake*⁵⁸, no Canadá.

Em complemento, o Cazaquistão, que em 2009 tornou-se o maior produtor mundial de urânio, com quase 28% da produção mundial e em 2019, produziu 43% do urânio do mundo⁵⁹, e em que pese apontar para mudanças políticas na temática de desenvolvimento sustentável⁶⁰, atualmente apresenta dados desfavoráveis na questão ambiental, como posição nº 93 no ranking EPI (*Environmental Performance Index*) – o Brasil ocupa a posição 81⁶¹, e com valor de qualidade do ar de 17,8PM_{2,5}, colocando-o em 100º lugar entre 124 na lista global de países com a pior qualidade do ar⁶², o que demonstra a precariedade no controle ou mitigação de impacto

⁵⁷Alguns países africanos são grandes produtores de urânio, a exemplo de Niger, porém não possuem usinas nucleares internamente, sendo fonte de matéria-prima para países europeus, como a França, que apesar de usar mais de 70% da energia nuclear na sua matriz elétrica, importa quase toda sua demanda de urânio de suas ex-colônias africanas: GERDEN, Eugene. France aims to retain leadership in global uranium mining. *Resource World*. Disponível em: <https://resourceworld.com/france-aims-to-retain-leadership-in-global-uranium-mining/> Acesso em 07 jan. 2023; DESTRIJCKER, Lucas; DIOUARA, Mahadi. A forgotten community: The little town in Niger keeping the lights on in France. **African Arguments**. Disponível em: <https://africanarguments.org/2017/07/a-forgotten-community-the-little-town-in-niger-keeping-the-lights-on-in-france-uranium-arlit-areva/> Acesso em 07 jan. 2023; e MOHANTY, Abhijit. Uranium in Niger: When a Blessing Becomes a Curse. **Geopolitical Monitor**. 2018. Disponível em: <https://www.geopoliticalmonitor.com/uranium-in-niger-when-a-blessing-becomes-a-curse/> Acesso em 07 jan. 2023. Ainda, sobre a relação da França com suas ex-colônias africanas, tendo o urânio como centro de discussão, ver: MARTIN, Guy. Uranium: A Case-Study in Franco-African Relations. **The Journal of Modern African Studies**. Vol. 27, nº 4. 1989. p. 625-640.

⁵⁸ “*Cigar Lake*”. CAMECO. Disponível em: <https://www.cameco.com/businesses/uranium-operations/canada/cigar-lake> Acesso em 09 jan. 2023. Localização da mina: <https://goo.gl/maps/qzG5SHw1YBTjQcuA8>

⁵⁹ *Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan*. WNA. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

⁶⁰ *Keeping Kazakhstan on the Path to a Green Economy*. UNEP. Disponível em: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/keeping-kazakhstan-path-green-economy> Acesso em 09 jan. 2023.

⁶¹ 2022 EPI Results. Disponível em: <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/epi> Acesso em 09 jan. 2023.

⁶² “A qualidade do ar é medida na escala de partículas finas (PM_{2,5}). PM_{2,5} são pequenas partículas no ar que são prejudiciais à saúde e reduzem a visibilidade e fazem com que o ar pareça nebuloso quando os níveis são elevados. Um nível alto de PM_{2,5} indica uma qualidade de ar muito ruim.”. *Kazakhstan’s Air Quality*. WORLD ECONOMICS. Disponível em: <https://www.worldeconomics.com/ESG/Environment/Air-Quality/Kazakhstan.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

ambiental das atividades desenvolvidas neste país, com destaque a mineração de urânio.

Percebe-se, dessa forma, que é fundamental que haja primeiramente um claro entendimento sobre o urânio, suas propriedades e características físico-químicas, e que, portanto, seja arquitetada uma regulação que considere os riscos, danos e responsabilidade da atividade da sua extração, a fim de garantir maior segurança socioambiental e jurídica⁶³, principalmente no Brasil, que ocupa a 7ª posição como o país com maiores reservas desse elemento, mesmo com apenas cerca de 1/3 do seu território prospectado para esse recurso natural, e onde ainda há grandes perspectivas de aumento da sua extração e aproveitamento⁶⁴.

Embora a ainda tênue aderência do Brasil ao setor nuclear, é certo que o país tem trilhado sua política energética seguindo as tendências mundiais⁶⁵, atentando-se, nesse viés, aos aspectos de aproveitamento das suas grandes reservas uraníferas. A adoção de uma estratégia nacional de dinamização do setor pode ser demonstrada com os seguintes exemplos:

- Processo em andamento da outorga à iniciativa privada de finalização da usina de Angra 3⁶⁶;

⁶³ A Segurança Jurídica diz respeito a estabilidade das relações jurídicas, com base no princípio da proteção da confiança, e limites intransponíveis do direito adquirido, ato jurídico perfeito e coisa julgada (art. 5º, XXXVI da CF/88). Trindade, explica que esses parâmetros de segurança jurídica não estão restritos à segurança do indivíduo, “mas também a proteção a confiança, a estabilidade e a previsibilidade, sobretudo no que respeita à atividade administrativa do Estado.” Na seara da mineração, por exemplo, a segurança jurídica vem ganhando contornos mais amplos (não mais apenas restrito a prerrogativa da exploração mineral), incluindo outros parâmetros relacionados a direitos e obrigações, e abrangendo novos interesses condicionantes e limitantes, como a proteção ambiental, direitos dos povos tradicionais e comunidades locais, tendo em vista a considerar as incertezas da atividade minerária, a qual inerentemente é uma atividade de risco. TRINDADE, Adriano Drummond Cançado. *Segurança Jurídica na Mineração: uma revisão conceitual e sua relação com aspectos sociais*. **Revista de Direito, Estado e Recursos Naturais**, v. 1, n.1. 2011. p. 7-29.

⁶⁴ Segundo dados da World Nuclear Association, em 2019 o Brasil detinha a 7ª maior reserva de urânio no mundo, aproximadamente 276 mil toneladas desse mineral eram contabilizadas. “*What is Uranium? How Does it Work?*” WNA. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/introduction/what-is-uranium-how-does-it-work.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

⁶⁵ “At COP27, nuclear power industry vies for bigger role in decarbonizing planet”. REUTERS. 2022. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/cop/cop27-nuclear-power-industry-vies-role-decarbonizing-planet-2022-11-09/> Acesso em 09 jan. 2023.

⁶⁶ “Angra 3”. ELETRONUCLEAR. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-3.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

- Plano de construção de novas usinas nucleares, conforme Plano Nacional de Energia – PNE 2050⁶⁷;
- Construção do Reator Multipropósito (RMB) pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) para P&D e abastecimento nacional de compostos para medicina nuclear⁶⁸;
- Flexibilização do monopólio do urânio, conforme Lei nº 14.514/2022;
- Emenda Constitucional Nº 118/2022, que autoriza a produção, comercialização e a utilização de radioisótopos para pesquisa e uso médicos;
- Criação da Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), com objetivo de separar algumas atribuições conflitantes da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)⁶⁹;
- Construção de um submarino de propulsão nuclear pela Marinha⁷⁰;
- Retomada da mineração de urânio no país, que ocorreu em 01 de dezembro de 2020⁷¹; e
- Projeto de Santa Quitéria, que visa elevar a exploração desse mineral⁷².

Ainda, destaca-se que com relação à mineração de urânio tem-se que essa atividade é bastante estratégica para os países, pois além de ser fonte de combustível para produção da cada vez maior demanda de energia elétrica, e para os países que já detém arsenal de bombas atômicas, a *commodity* do minério urânio foi destaque

⁶⁷ “Governo estuda construção de seis usinas nucleares até 2050”. AGÊNCIA BRASIL. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-09/governo-estuda-construcao-de-seis-usinas-nucleares-ate-2050> Acesso em 09 jan. 2023.

⁶⁸ “Reator Multipropósito Brasileiro”. IPEN. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=2773 Acesso em 09 jan. 2023.

⁶⁹ “MP cria Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN)” MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 2021. Disponível: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mp-cria-autoridade-nacional-de-seguranca-nuclear-ansn> Acesso em 09 jan. 2023

⁷⁰ “Submarino Nuclear”. CTMSP. Disponível: <https://www.marinha.mil.br/ctmsp/submarino-nuclear> Acesso em 09 jan. 2023

⁷¹ “INB Caetité volta a produzir urânio para geração de energia no Brasil”. INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/inb-caetite-volta-a-produzir-uranio-para-geracao-de-energia-no-brasil/Origem/284> Acesso em 09 jan. 2023

⁷² “Projeto Santa Quitéria”. CONSÓRCIO SANTA QUITÉRIA. Disponível em: <https://consorciosantaquiteria.com.br/projeto/> Acesso em 09 jan. 2023.

em 2020⁷³. O ETF⁷⁴ (*Exchange Traded Fund*) denominado URNM – *Sprott Uranium Miners*⁷⁵ que foca em investir em empresas mineradoras de urânio tem se destacado, apresentando retornos acima dos principais ETFs, como o IVV, que replica o S&P 500 – que representa o retorno das 500 maiores empresas listadas na Bolsa de Nova Iorque⁷⁶. No final de 2022, o mercado de urânio continuava apresentando bons números e com boas perspectivas de crescimento no longo prazo, devido à projeção de aumento da demanda de energia limpa no mundo⁷⁷.

Esse excerto com véis financeiro é importante de ser apontado, pois demonstra como o urânio cada vez mais pode ser um mineral importante para o Brasil, que já é destaque em outras *commodities* como minério de ferro, soja, petróleo, entre outros⁷⁸. Assim, diante do desenvolvimento de novos reatores nucleares, aumento da demanda de urânio, e ampliação da abertura do setor para entes privados, podemos presenciar maior exploração desse mineral, chegando ao ponto de expandirmos a produção não apenas mais para uso interno, e iniciar a etapa de exportação, que conseqüentemente exigirá aperfeiçoamento normativo a fim de se garantir o equilíbrio e segurança socioambiental.

⁷³ “Após disparada de 31%, urânio é commodity que mais sobe no ano” INFOMONEY. 2020. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/mercados/apos-disparada-de-31-uranio-e-commodity-que-mais-sobe-no-ano/> Acesso em 09 jan. 2023.

⁷⁴ “ETF é um tipo de fundo de investimento conjunto que funciona muito como um fundo mútuo. Tipicamente, os ETFs rastrearão um determinado índice, setor, mercadoria ou outros ativos, mas ao contrário dos fundos mútuos, os ETFs podem ser comprados ou vendidos em uma bolsa de valores da mesma forma que uma ação normal pode.” (tradução nossa) “*What Is an Exchange-Traded Fund (ETF)?*” INVESTOPEDIA. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/e/etf.asp> Acesso em 09 jan. 2023.

⁷⁵ “O Sprott Uranium Miners Fund procura investir pelo menos 80% de seus ativos totais em títulos do North Shore Global Uranium Mining Index (URNMX). O Índice é projetado para acompanhar o desempenho de empresas que dedicam pelo menos 50% de seus ativos à indústria de mineração de urânio, que pode incluir mineração, exploração, desenvolvimento e produção de urânio, ou detenção de urânio físico, posse de royalties de urânio, ou envolvimento em outras atividades não mineiras que apoiem a indústria de mineração de urânio.” (tradução nossa). “*Sprott Uranium Miners*”. SPROTT ETFS. Disponível em: <https://sprottets.com/urnm-sprott-uranium-miners-etf/> Acesso em 09 jan. 2023.

⁷⁶ “IVV: saiba o que é e como investir nesse ETF do índice S&P 500”. SUNO. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/ivv/> Acesso em 09 jan. 2023.

⁷⁷ “*Sprott Uranium Report. November, 11. 2022.*” SPROTT. Disponível em: <https://www.sprott.com/media/5908/sprott-uranium-report-uraniums-october-optimism.pdf> Acesso em 05 fev. 2023.

⁷⁸ O urânio, apesar de não ser negociado em mercado aberto como outras *commodities*, e sim por meio de contratos de compra e venda futuros, no sentido amplo pode ser englobado na categoria de *commodities*. Nesse sentido, ver a variação de preços e relação de oferta e demanda em: “*Supply & Demand*”. CAMECO. Disponível em: <https://www.cameco.com/invest/markets/supply-demand> Acesso em 08 fev. 2023.

1.3 Da constatação de uma lacuna regulatória para os riscos do gás radônio e da extração de urânio à luz do princípio da precaução

Conforme acima brevemente apresentado, a lacuna normativa internacional quanto ao urânio em seu estado natural tem relação com o fato de que a preocupação mundial no assunto repousa no urânio físsil e seu uso de forma não pacífica⁷⁹, não sendo discutido ou verificado a etapa de exploração mineral uranífera, deixando assim, a cargo dos próprios países esse controle por meio de suas legislações domésticas. Evidentemente, o controle vigilante ao urânio físsil, U-235 é relevante para que o mundo possa tirar proveito do “bom uso” dessa tecnologia e que cada vez mais ela seja desvinculada ao medo do beligerante uso nuclear. Contudo, apesar desse aspecto ser bastante delicado, não pode ser utilizado como justificativa para esmaecer a regulação do urânio mineral, U-238, uma vez que a sua exploração também apresenta riscos ambientais e à saúde humana altamente graves.

Essa concepção deve estar clara, principalmente no Brasil, que tem uma formação geológica rica em minério uranífero, uma mina de urânio em operação e outra em fase de licenciamento⁸⁰, e que conta com uma legislação nuclear com lacunas no tema, conforme se demonstrará na dissertação, falta regulação específica para radiações naturais e estabelecimento de limites e diretrizes para o controle do radônio de modo geral e também de modo específico, neste caso, sobretudo, às atividades de extração de urânio a céu aberto.

Notoriamente, no plano interno algumas modificações vêm sendo feitas, como a criação da Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), ocorrida em 14 de outubro de 2021, por meio da Lei nº 14.222/2021. No entanto, há de se verificar em quais medidas essas mudanças impactarão especificamente no aumento da garantia

⁷⁹ Podemos demonstrar com os diversos documentos legais, como: Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP); Tratado de Proibição de Armas Nucleares (TPAN); Tratado de Tlatelolco, nome convencionalmente dado para o Tratado para a Proibição de Armas Nucleares na América Latina e o Caribe; Tratado de Proibição Completa de Testes Nucleares (CTBT), o acordo bilateral entre Brasil e Argentina que criou, em 1991, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC), que tem dentre suas finalidades verificar se os materiais nucleares em todas as atividades nucleares dos dois países não sejam desviados para armas nucleares, entre outros.

⁸⁰ O Brasil está entre os dez primeiros países com as maiores de reservas de urânio no mundo, mesmo com seu território ainda não prospectado totalmente. Atualmente a única mina uranífera em operação no país encontra-se em Caetité-BA, e outra, em Santa Quitéria-CE está em fase de licenciamento, com previsão de entrar em operação em 2024.

do desenvolvimento sustentável⁸¹ da atividade de mineração de urânio no país. O estudo da governança⁸² do setor é relevante nesse tipo de abordagem, porém este trabalhou focou na análise em um enquadramento regulatório – na compreensão da relação entre o risco relacionado à radiação e contaminação e as competências legalmente estabelecidas aos diferentes órgãos e entidades do setor.

O que se nota é que diante do cenário de lacunas⁸³, tanto externas quanto internas, faz-se necessário lançar mão de ferramentas e concepções providas pelo Direito Ambiental para solucionar eventuais questões de dano grave. No caso em estudo, o princípio da precaução, aplicado de forma fundamentada⁸⁴ em critérios objetivos, que direcionam a interpretação a partir de situações de incerteza científica e risco grave de dano, pode contribuir para sanar lacunas normativas, e assim garantir

⁸¹ O termo “desenvolvimento sustentável” é apresentado no Relatório “Brundtland”, em 1987, “[...] como um desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades.” De maneira geral, esse termo teria dois elementos essenciais: “necessidades humanas” e “capacidades naturais”, que se interrelacionam. Apesar de recorrentemente utilizado na literatura e promovido como obrigação pelos Estados, apresenta grande indefinição, no sentido deste apresentar-se como conceito, objetivo ou princípio. Sua aplicação é observada em alguns casos julgados pela Corte Internacional de Justiça, como: o projeto da hidrelétrica Gabčíkovo-Nagymaros (Eslováquia vs. Hungria); as fábricas de celulose no rio Uruguai (Argentina vs. Uruguai); tensões territoriais entre as fronteiras de Nicarágua e Costa Rica. FERRAÇO, André Augusto Giuriatto. A insuficiência de integração na gestão nacional dos recursos hídricos brasileiros como óbice estrutural ao desenvolvimento sustentável. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Direito) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019. p. 2. e SANTOS Marcus Tullius Leite Fernandes dos. A operacionalidade jurídica do desenvolvimento sustentável no processo decisório judicial: os indicadores de sustentabilidade como forma de implementação do princípio da integração. 2019. 350 f., il. Tese (Doutorado em Direito) — UnB, Brasília, 2019, p. 14.

⁸² De modo geral, estudos de governança podem contribuir a uma melhor compreensão dos diversos níveis de atuação da busca por cooperação na normatização das atividades nucleares – para além da regulação do setor – considerando a pluralidade de atores, de instrumentos e interfaces, e toma como premissa a cooperação entre os atores envolvidos, ou seja, o estabelecimento de ações coletivas diante de um contexto de interdependência. Tendo em vista o foco do presente estudo na regulação e na lacuna identificada diante das incertezas de risco do radônio e urânio in natura, o presente estudo pode contribuir com esclarecimentos sobre alguns elementos normativos presentes neste cenário, mas estes são simplesmente um detalhe no diapasão de possibilidades de estudos sobre governança no campo nuclear. Mais sobre essa forma de ver a governança: DINGWERTH, Klaus; PATTBERG, Philipp. Global governance as a perspective on world politics. *Global Governance*, n. 12, 2006, p. 185–203.

⁸³ Destaca-se que as lacunas fazem parte do ordenamento jurídico e não representam situações sem solução. Como será abordado na parte 2 deste trabalho, as lacunas identificadas no ordenamento, tanto nacional quanto internacional, sobre a temática da mineração do urânio fundamentarão a busca por ferramentas principiológicas do Direito Ambiental, como o Princípio da Precaução, no intuito de se alcançar o desenvolvimento sustentável da atividade.

⁸⁴ Conforme se verá, o princípio da precaução não tem sua aplicação de forma coesa nos tribunais, sendo confundido com o princípio da prevenção, utilizado de forma aleatória, imprecisa e sem contar com critérios objetivos. Para mais detalhes ver: MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). **A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional**. Campinas, SP: Pontes Editores. 2019.

maior segurança ambiental, ao menos na inexistência de uma regulação completa e coesa, enquanto persistirem essas lacunas. Em outras palavras, entra a necessidade de se definir claramente os critérios e condições nas quais o risco analisado (no caso, de radiação e contaminação) se torna aceitável ou não – concepção esta que é um ponto nodal das dificuldades atreladas ao princípio da precaução⁸⁵.

De forma introdutória, podemos descrever de forma bem direta o princípio da precaução como uma interpretação a ser empregada ao que deve ser feito em termos de ação para situações de incerteza científica e de risco grave de dano. Nos termos do Princípio 15 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992):

Com a finalidade de proteger o meio ambiente, os Estados deverão aplicar amplamente o critério de precaução conforme suas capacidades. Quando houver perigo de dano grave ou irreversível, a falta de certeza científica absoluta não deverá ser utilizada como razão para que seja adiada a adoção de medidas eficazes em função dos custos para impedir a degradação ambiental.

Destaca-se que mesmo antes disso, o princípio da precaução já compunha o acervo jurídico nacional, como presente na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981)⁸⁶. Com a Lei nº 11.105/2005 esse dispositivo foi alavancado e serviu de influência para outras normas ambientais que passaram a considerar o princípio precautório como basilar⁸⁷:

A Lei n. 11.105/2005 surge ao tempo de grandes debates mundiais sobre a questão da biossegurança e suas inerentes dúvidas científicas e é desta agitação e anseio internacionais por aprofundamento do tema, que o legislador brasileiro propôs o dispositivo, com o fito de estabelecer 'normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados (OGM) e derivados', para além de criar órgãos a nível federal para regular a questão. Assim, no pós-92, depois

⁸⁵ NOIVILLE, Cristine. *Ciência, Decisão, Ação: Três Observações em Torno do Princípio da Precaução*. In: VARELLA, Marcelo Dias (coord.). **Governo dos Riscos**; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005, p. 32-44.

⁸⁶ Derivado do art. 2º, V: A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras

⁸⁷ Como exemplo de outras leis que trazem o princípio da precaução: Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006), art. 6º parágrafo único: “[...] Na proteção e na utilização do Bioma Mata Atlântica, serão observados os princípios da função socioambiental da propriedade, da equidade intergeracional, da prevenção, da precaução, [...]” e a Lei da Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (Lei nº 12.187/2009), art. 3º: “A PNMC e as ações dela decorrentes, executadas sob a responsabilidade dos entes políticos e dos órgãos da administração pública, observarão os princípios da precaução, da prevenção, [...]”

de receios legislativos de tornar a precaução um princípio interno, o tema da biossegurança foi o estopim para a sua abordagem expressa no ordenamento jurídico brasileiro, essencialmente, por causa de sua ligação íntima com a noção de risco. Dispôs, a lei, logo em seu Artigo 1º, dando o tom interpretativo de todo restante suporte legal: 'esta lei estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização (...) tendo como diretrizes o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia, a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal, e a observância do princípio da precaução para proteção do meio ambiente'⁸⁸

Como se verá, o impasse da utilização desse princípio se dá nos contornos da sua aplicação, ou seja, a necessidade de fundamentação em critérios objetivos⁸⁹, sua relação com a gestão de riscos (o nível de aceite dos riscos), e ponderação dos ganhos e perdas relativos ao caso em análise.

Por todo o exposto, observa-se que diante da situação de risco trazida pela atividade da mineração do urânio, e sua relevância principalmente para o contexto brasileiro, é fundamental que sejam esclarecidas como essa atividade acontece, quais os pontos críticos que ela apresenta e o que o urânio – e o gás radônio, originado por seu decaimento – representam de risco ao meio ambiente e a saúde humana. Ademais, um panorama geral do setor nuclear brasileiro é relevante para que se deixe claro quem são os agentes, com suas respectivas funções, pois estão diretamente relacionados à gestão do risco nuclear no país.

Para tanto, a pesquisa utilizou-se do método de abordagem indutivo, ou seja, partindo-se da observação de uma situação particular para se alcançar uma generalização⁹⁰. Assim, a pesquisa desenvolveu-se com o objetivo de se demonstrar que a regulação do setor nuclear, internacional e nacionalmente, foi se moldando com relevantes lacunas referentes à atividade da mineração de urânio (na falta de acordos e tratados internacionais, escassa discussão nos tribunais, e omissões nas

⁸⁸ MINASSA, Pedro Sampaio. A Incógnita Ambiental do Princípio da Precaução. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**. Vol. 8, n.1. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325633769_A_incognita_ambiental_do_principio_da_precaucao Acesso em 07 jan, 2023. p. 168-169

⁸⁹ Como será demonstrado no desenvolvimento deste trabalho, a falta de critérios objetivos na aplicação do princípio da precaução representa um ponto nodal na eficiência da sua aplicação. Os grandes pilares que sustentam esse princípio são a incerteza científica e a gravidade do risco. No entanto, entre a teoria desses pressupostos e a aplicação no caso concreto é preciso se estabelecer parâmetros claros de aplicação, bem como ter bem evidente a diferenciação do princípio da prevenção e o precautório, a fim de que haja fortalecimento de ambos na aplicação jurídica.

⁹⁰ “O método indutivo é constituído por um raciocínio em que, de fatos particulares, se tira uma conclusão genérica. Indução é levar para dentro.”. HENRIQUES, Antônio; MEDEIROS, João Bosco. Metodologia Científica na Pesquisa Jurídica. 9ª ed., rev. e reform. São Paulo: Atlas, 2017. p. 43.

legislações internas, como exemplo) apesar desta apresentar pontos críticos de risco e potencial de dano grave à saúde humana e ao meio ambiente, e apresentar o princípio da precaução como uma ferramenta normativa apropriada para suprir essa questão. De um lado, porque o princípio está relacionado com a necessidade de estudos científicos para melhorar o conhecimento sobre as diversas consequências de uma atividade e – a partir desse conhecimento, é possível se estruturar a regulação da atividade, a partir da competência dos principais entes envolvidos, sobretudo relacionada à definição de padrões de qualidade ambiental dos recursos naturais envolvidos. De outro lado, porque o princípio também opera em um patamar instrumental: frente às incertezas científicas de riscos de danos graves, medidas associadas à precaução já existentes no Direito ambiental devem ser exigidas, como estudos de impacto e instrumentos de monitoramento, devendo estes serem partes de uma regulação⁹¹.

Assim, o desenvolvimento argumentativo do trabalho é baseado na análise de dados de forma exploratória⁹², em que se buscou apresentar e descrever um campo pouco estudado da linha do Direito Nuclear: os riscos de radiação do gás radônio e de contaminação, na extração de urânio a céu aberto, demonstrando algumas dimensões e características relevantes na constatação de lacunas normativas para lidar com esses riscos. Essa análise utilizou-se de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, revisão da legislação, internacional e nacional e de alguns exemplos que se mostraram relevantes à compreensão do problema.

⁹¹ O Estudo de Impacto Ambiental (EIA), por exemplo, é um dos instrumentos mais eficazes de proteção ambiental no âmbito administrativo, e apesar de ser utilizado como ferramenta de prevenção, também pode atender às demandas precautórias, uma vez que diante dos pareceres e estudos de impacto ambiental podem surgir as necessidades de medidas de precaução de riscos. Para saber mais, ver: HARTMANN, Débora; SOUZA, Leonardo da Rocha de. O Princípio da Precaução e a Avaliação Prévia de Impacto Ambiental: A Posição do Superior Tribunal de Justiça. *Revista de Direito Brasileira*. São Paulo, SP. v. 16. n. 7. p. 151 – 168. jan./abr. 2017

⁹² “Estas pesquisas [pesquisas exploratórias] têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que “estimulem a compreensão” GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002. p. 41 Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/webby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf Acesso em 05 fev. 2023.

Nesse sentido, considerando-se a necessidade de regulação dos riscos conforme brevemente explicado acima, primeiramente buscou-se esclarecer os riscos associados à mineração do urânio e os perigos da toxicologia do urânio. Também se observou necessária uma compreensão dos riscos associados à radiação do gás radônio – produto do decaimento natural do urânio e esclarecer a sua relação com o urânio. Se buscará demonstrar como o urânio apresenta um risco duplo, sendo de natureza toxicológica por si mesmo e radiológico devido à emissão de partículas ionizantes do gás radônio, produto do seu decaimento natural. Pontua-se que reforçar esse risco duplo é extremamente relevante, pois como se verá nos itens seguintes, as legislações não consideram de forma evidente essa duplicidade do potencial de perigo, o que pode acarretar em situações de lacunas jurídicas e incremento do risco, principalmente em populações residentes em locais com solo rico em urânio ou adjacentes à empreendimentos de extração uranífera. Em outras palavras, o estudo buscou apresentar a regulação do urânio no cenário brasileiro e a sua interface com os riscos ambientais e à saúde humana envolvidos (2).

Posteriormente, se considerou relevante apresentar um panorama geral do setor, explicando a relevância do tema e construção das bases jurídicas do setor nuclear no Brasil, bem como os principais agentes que compõe as atividades finalísticas e de controle nuclear no país. Uma vez já definido os riscos inerentes aos elementos urânio e radônio, partiu-se para a análise do risco das lacunas normativas e apresentação do princípio da precaução como possível ferramenta resolutória: primeiramente demonstrou-se o papel das lacunas no Direito, de ordem internacional e também as lacunas internas, figuradas na ineficiente abordagem da mineração de urânio na lei base do setor nuclear, na falta de inovação jurídica para a atividade minerária de urânio, na omissão das normas da CNEN, do CONAMA, sobretudo na falta de regulação da qualidade do ar; no licenciamento, que apesar de ser duplo, é incompleto, por não considerar o risco do radônio; e no deficiente instituto de responsabilização na temática nuclear, que não integra a mineração de urânio. E por fim apresentou-se o princípio precautório como a solução jurídica adequada para o problema levantado. Trata-se do terceiro capítulo, a buscar estruturar as lacunas normativas diante do risco de dano e a importância do princípio da precaução para estruturar a regulação da extração de urânio *in natura* (3).

2. A REGULAÇÃO DO URÂNIO NO CENÁRIO BRASILEIRO E A SUA INTERFACE COM OS RISCOS AMBIENTAIS E À SAÚDE HUMANA ENVOLVIDOS

O urânio é elo em comum em quase todo o ciclo nuclear. Particularmente ao urânio-238, que é o urânio mineral, as pesquisas demonstram que suas características o tornam um elemento de duplo risco: toxicológico e radioativo. O primeiro está ligado à propriedade do próprio urânio de contaminar por meio de inalação por vias respiratórias, ingestão de água com concentração acima dos limites permitidos, e contato com a pele por exemplo⁹³, enquanto a radiação majoritariamente advém do seu produto de decaimento natural, o radônio, e se dá por exposição ao elemento emissor de partículas radioativas, cujos efeitos dependem de fatores como tempo de exposição, dose irradiada, entre outros, podendo gerar alterações genéticas que têm o potencial de levar ao câncer, principalmente, no caso em específico, de pulmão.

Assim, observa-se que essa duplicidade de risco presente no urânio na realidade traz à tona um outro elemento, resultante do seu decaimento natural, o gás radônio. Enquanto o primeiro responde mais pelo risco toxicológico, o último é responsável pela exposição à radiação ionizante⁹⁴. Inúmeras pesquisas⁹⁵ já comprovam a irrefutável relação direta entre a presença de maiores concentrações de

⁹³ Sobre a toxicologia do urânio, segundo a Agência federal norte-americana, *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)* afirma: “O urânio que é absorvido é depositado em todo o corpo; os níveis mais altos são encontrados nos ossos, fígado e rins. (...) O principal alvo do urânio são os rins. Danos nos rins foram observados em humanos e animais após a inalação ou ingestão de compostos de urânio.” Ainda: “Pessoas que vivem perto de indústrias de mineração, processamento ou aproveitamento de urânio podem estar mais expostas que a população geral.” (tradução nossa): “*Uranium Overview*”. ATSDR. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/sites/toxzine/uranium_toxzine.html Acesso em 09 jan. 2023.

⁹⁴ A radiação ionizante pode gerar dano nas células, ocasionando efeitos biológicos de acordo com a dose, organismo irradiado, tempo de exposição e etc. Esse tipo de radiação pode causar câncer.

⁹⁵ Por exemplo: ISHIMORI, Y, *et al. Measurement and calculation of radon releases from NORM residues*, AIEA, Viena, Áustria, 2013. Disponível em: https://www-pub.AIEA.org/MTCD/publications/PDF/trs474_webfile.pdf Acesso em 03 jan. 2023; OLSTHOORN, Bart, *et al. Indoor radon exposure and its correlation with the radiometric map of uranium in Sweden*, **Science of The Total Environment** Volume 811. Disponível em: <https://shre.ink/1PvL> Acesso em 03 jan. 2023; ZHAO, Guoyan, *et al. Predictive analysis of shaft station radon concentrations in underground uranium mine: A case of study*. **Journal of Environmental Radioactivity**. Volumes 158–159. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265931X16300972?via%3Dihub> Acesso em 03 jan. 2023, entre outros que serão expostos no decorrer deste trabalho.

radônio com a existência de urânio natural, uma vez que um só existe pelo decaimento do outro. Com relação aos problemas ambientais da mineração de urânio, temos que⁹⁶:

Na análise dos impactos ambientais advindos da exploração de urânio no Brasil foram listados 63 eventos, dos quais 86% foram classificados como negativos, sendo a etapa de extração a que apresentou maior potencial degradador/poluidor [...] A etapa com maior significância de impactos, isto é, aquela em que ocorrem a maior quantidade de impactos negativos foi a etapa de extração, que consiste no fracionamento da rocha por meio de explosões promovendo a deterioração de diversos componentes ambientais e com potenciais riscos de acidentes e, por conseguinte, riscos a vida. Ela foi responsável por 32% dos Impactos Ambientais negativos.

Apesar de já haver certeza científica no tocante aos problemas ambientais da mineração de urânio⁹⁷, além do impacto ambiental da lavra em si – como em qualquer outro empreendimento minerário, destaca-se que as pesquisas se voltam majoritariamente para os trabalhadores das minas, remanescendo ainda a dúvida e incerteza científica sobre os reais efeitos para as populações vizinhas a um empreendimento de mineração de urânio.

Ou seja, enquanto no aspecto de medidas mitigadoras dos efeitos do urânio natural para os operários que trabalham diretamente com a atividade devem ser adotadas diligências de prevenção⁹⁸, para as populações que vivem em locais com solo rico em urânio, ou próximas às lavras uraníferas, essa medida não seria a mais indicada – tendo em vista a concepção apropriada do princípio da precaução.

Nesse sentido, buscaremos desvendar quais os riscos relacionados com a toxicologia do urânio (2.1), em seguida pontuar que o urânio comporta um outro risco de dano por meio de outro elemento, o gás radônio (2.2).

⁹⁶ FERNANDES, Jardel Lopes *et al.* Avaliação de Impacto Ambiental Aplicada à Extração de Urânio no Brasil. In: **Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos E Sustentabilidade**, 4, 2021, **Anais**. [...] Gramado. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2021. p. 1-8. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2021/XV-028.pdf> Acesso em 02 nov 2022.

⁹⁷ A WNA afirma que “[...] da mineração a céu aberto, existem volumes substanciais de rocha estéril. [...] os minerais de urânio estão sempre associados a elementos mais radioativos, como rádio e radônio no minério, que surgem do decaimento radioativo do urânio ao longo de centenas de milhões de anos. Portanto, embora o próprio urânio não seja muito radioativo, o minério extraído, principalmente se for de alto teor como em algumas minas canadenses, é manuseado com alguns cuidados, por questões de saúde e segurança ocupacional.” (tradução nossa). *Environmental Aspects of Uranium Mining*. WNA. 2017. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/environmental-aspects-of-uranium-mining.aspx> Acesso em 02 nov 2022.

⁹⁸ O princípio da prevenção pressupõe danos já conhecidos e mapeados, inclusive com limites técnicos, endossados por legislações e normas do setor. A exemplo disso temos Norma NN 3.01 (Resolução 164/14) da CNEN, a qual apresenta as diretrizes básicas de proteção radiológica para os trabalhadores que estão expostos a fontes radioativas.

2.1 O risco da toxicologia do urânio

O urânio é um elemento existente em toda crosta terrestre, e está presente em quase todas as rochas, variando apenas o seu teor de concentração. Assim, considera-se que “todo mundo está exposto a baixas quantidades de urânio através de alimentos, água e ar”.

O urânio natural e empobrecido que existe na poeira no ar se deposita na água, na terra e nas plantas. O urânio depositado na terra pode ser reincorporado ao solo, lavado em águas superficiais ou aderido às raízes das plantas. O urânio no ar, nas águas superficiais ou subterrâneas pode ser transportado a grandes distâncias (...) Alimentos e água potável são as principais fontes de ingestão para o público em geral. Níveis muito baixos de urânio são encontrados no ar. Na maioria das áreas dos Estados Unidos, baixos níveis de urânio são encontrados na água potável. Níveis mais altos podem ser encontrados em áreas com níveis elevados de urânio natural em rochas e solo. As pessoas podem ser expostas a níveis mais altos de urânio se viverem perto de instalações de mineração, processamento e fabricação de urânio.⁹⁹

Sobre os aspectos de toxicidade, a Divisão de Ciência Ambiental do Laboratório Nacional de Argonne para o Departamento de Energia dos Estados Unidos (*Environmental Science Division of Argonne National Laboratory for the United States Department of Energy – DOE*) enuncia que¹⁰⁰:

[...] a toxicidade química (do urânio) é de primordial importância. [...] O principal efeito químico associado à exposição ao urânio e seus compostos é a toxicidade renal. Esta toxicidade pode ser causada pela respiração de ar contendo poeiras de urânio ou pela ingestão de substâncias contendo urânio, que então entra na corrente sanguínea. Uma vez na corrente sanguínea, os compostos de urânio são filtrados pelos rins, onde podem causar danos às células renais. A ingestão muito alta de urânio (variando de cerca de 50 a 150 mg, dependendo do indivíduo) pode causar insuficiência renal aguda e morte. Em níveis de ingestão mais baixos (cerca de 25 a 40 mg), os danos podem ser detectados pela presença de proteínas e células mortas na urina [...] (tradução nossa)

Com relação a esse perfil toxicológico, importa de que maneira as partículas de urânio serão dispostas no meio ambiente, encontrando veículo para se chegar aos indivíduos, como por vias aéreas ou corpos d’água. A liberação dessas partículas está

⁹⁹ “ToxFAQs for Uranium” ATSDR. Disponível em: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxFAQs/ToxFAQsDetails.aspx?faqid=439&toxid=77> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁰⁰ “Uranium Health Effects”. ARGONNE NATIONAL LABORATORY. Disponível em: <https://web.evs.anl.gov/uranium/guide/ucompound/health/index.cfm> Acesso em 09 jan. 2023.

presente em todas as etapas do ciclo nuclear, sendo destaque na etapa inicial, de mineração e processamento do minério:

[...] Pó de urânio proveniente do processamento de urânio e metalurgia do urânio, partículas de *yellow cake* presentes nas instalações de conversão de urânio e de fabricação de elementos de combustível nuclear, partículas radioativas provenientes do processamento e descarte de reatores após a desativação, todos contribuem para a geração de partículas de urânio provenientes do processo do ciclo do combustível nuclear.¹⁰¹ (tradução nossa)

Em complemento, a Comissão Reguladora Nuclear dos EUA (*Nuclear Regulatory Commission – NRC*) reforça que o urânio natural tem propriedades similares a outros metais pesados, e sua propriedade química de toxicidade supera seu perfil radioativo. Além disso, apresenta um valor limite de concentração de urânio no tecido renal, uma vez que a atividade toxicológica desse elemento nos organismos vivos predomina nos rins¹⁰²:

Em quantidades suficientes, o urânio ingerido ou inalado pode ser prejudicial devido à sua toxicidade química. Assim como o mercúrio, o cádmio e outros íons de metais pesados, o excesso de íons uranila deprime a função renal (ou seja, afeta os rins). Altas concentrações no rim podem causar danos e, em casos extremos, insuficiência renal. O consenso médico e científico geral é que, em casos de alta ingestão, é provável que o urânio se torne um problema de toxicologia química antes de se tornar um problema radiológico. Como o urânio é levemente radioativo, uma vez dentro do corpo ele também irradia os órgãos, mas o principal efeito na saúde está associado à sua ação química nas funções do corpo.

Em muitos países, os atuais limites de exposição ocupacional para compostos solúveis de urânio estão relacionados a uma concentração máxima de 3 µg de urânio por grama de tecido renal. Quaisquer efeitos causados pela exposição dos rins a esses níveis são considerados menores e transitórios. As práticas atuais, baseadas nesses limites, parecem proteger adequadamente os trabalhadores da indústria de urânio. Para garantir que essa concentração renal não seja excedida, a legislação restringe as concentrações de urânio solúvel no ar do local de trabalho a longo prazo (8 horas) a 0,2 mg por metro cúbico e a curto prazo (15 minutos) a 0,6 mg por metro cúbico.

Particularmente aos impactos gerais da mineração de urânio em curso no Brasil, destaca-se que no beneficiamento do minério, por atualmente se tratar de mina a céu aberto, comporta etapas de risco de geração de partículas uraníferas no meio

¹⁰¹ ZHANG, L.; *et al.* *Health Effects of Particulate Uranium Exposure*. *Toxics*. 2022, 10, 575. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxics10100575> Acesso em 09 jan. 2023. p..2

¹⁰² Tradução nossa: “*Background Information on Depleted Uranium*”. USNRC. Disponível em: <https://www.nrc.gov/waste/llw-disposal/llw-pa/uw-streams/bg-info-du.html> Acesso em 09 jan. 2023.

ambiente. Essas etapas, conforme descritas pela INB compreendem: britagem primária e secundária, e posteriormente a mistura de solução de ácido sulfúrico ao minério (lixiviação), a fim de extrair o urânio das rochas, resultando no licor do urânio, o qual será tratado em uma série de procedimentos químicos e físicos, resultando no concentrado de urânio (*yellow cake*)¹⁰³.

Essas operações têm o potencial de acarretar em dispersão de partículas uraníferas no solo e no ar, aumentando o perigo de contaminação do meio ambiente circundante à lavra. Como se observa na imagem a seguir, na mina a céu aberto ocorre detonação das rochas para a extração do minério, o que constitui um grande foco de dispersão de poeira com concentrações de urânio. Em complemento, demonstra-se como é o “pó de urânio” – *yellow cake*.

Figura 5 – explosões registradas na retomada da mineração de urânio no Brasil



Fonte: G1 Bahia (<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2020/12/04/apos-cinco-anos-suspensa-mineracao-de-uranio-e-reativada-no-sudoeste-da-bahia.ghtml>) Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁰³ “Mineração”. INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear/Minera%C3%A7%C3%A3o> Acesso em 09 jan. 2023.

Figura 6 – funcionário da INB manuseando um barril de concentrado de urânio (pó) - *yellow cake*.



Fonte: Química Útil (<http://blogdequimicahc.blogspot.com/2010/11/origens-e-utilidades-do-uranio.html>) Acesso em 09 jan. 2023.

Devido a essa característica tóxica, o urânio é constantemente monitorado pela própria INB juntamente com a CNEN. Nas unidades da INB, os programas de monitoramento ambiental são desenvolvidos a partir da análise permanente de elementos do meio ambiente, como água (da chuva, de cursos d'água e de poços subterrâneos); solo, poeira, produtos agropecuários e outras matrizes¹⁰⁴.

Os dados são avaliados comparando os limites máximos estabelecidos pelo IBAMA, CONAMA, e pela CNEN, ao mesmo tempo em que são comparados com registros pré-operacionais.

Em solicitação à INB, por meio do Portal Fala-Br (solicitação nº 01236.000091/2022-04)¹⁰⁵, foram enviados os resultados coletados para a presença de urânio em água subterrânea, entre os anos de 2000 e 2015, período em que houve atividade de exploração de urânio em Caetité-BA¹⁰⁶.

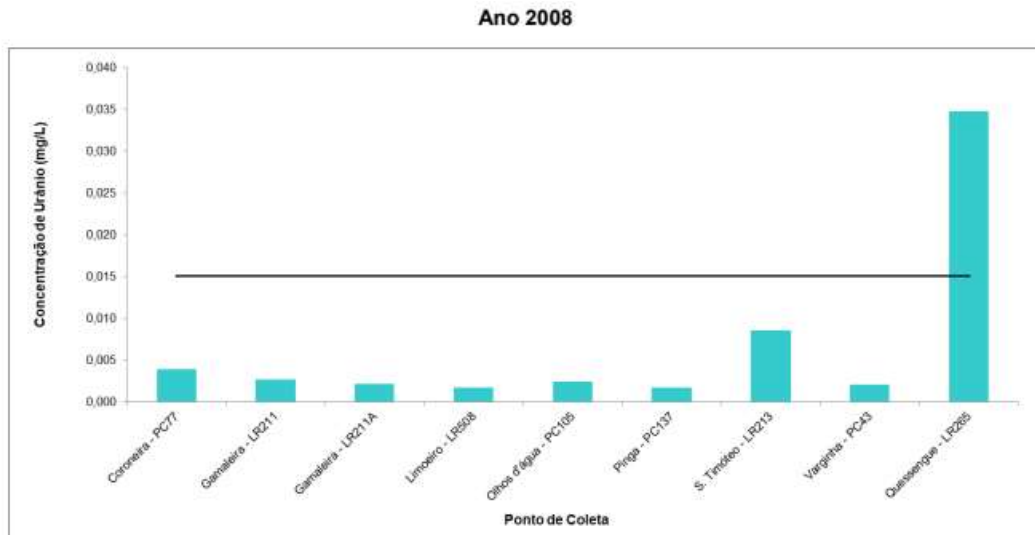
¹⁰⁴ "Monitoração Ambiental". INB. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Meio-Ambiente/monitoracao-ambiental> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁰⁵ A solicitação foi realizada pelo autor desta dissertação em 18 maio de 2022 e foi respondida em 14 jun. 2022 pelo setor de Ouvidoria da INB.

¹⁰⁶ Mais detalhes das medições encontram-se no anexo I deste trabalho.

Com relação ao valor limite de urânio em água subterrânea para consumo humano, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)¹⁰⁷ estabelece na Resolução nº 396/2008¹⁰⁸ que o valor limite desse elemento em água subterrânea para consumo humano é de 0,015 mg/L¹⁰⁹. Conforme pode ser visto no Anexo I, em mais da metade dos anos monitorados foram constatadas concentrações maiores do que o limite máximo, a saber, nos anos de 2003, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013 e 2015. Em alguns casos a extrapolação é tímida, como em 2015 (ordem de 0,001 acima ao limite), enquanto em outros, como em 2008, foi medido cerca do dobro do limite máximo, conforme destacado a seguir:

Figura 7: Concentração de urânio em águas subterrâneas em poços de comunidades vizinhas à mina de urânio em Caetité-BA do ano de 2008¹¹⁰.



Fonte: enviado pela INB por meio do Portal Fala-Br (solicitação nº 01236.000091/2022-04)

¹⁰⁷ A posição regulatória 3.01/012:2020 da CNEN investiga os níveis de radioatividade na água potável: Disponível em: http://appasp.cnem.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_12.pdf Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁰⁸ CONAMA. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁰⁹ Na OMS o limite para água potável é de 0,03 mg/L (30 µg/L): SILVA, Luciana Sousa. Avaliação da Radioatividade Natural em Águas Potáveis, de Superfície e Subterrâneas da Região de Caetité, BA. 2011. São Paulo: IPEN. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-01032012-100446/publico/2011SilvaAvaliacao.pdf> Acesso em 09 jan. 2023. Para mais detalhes sobre as propriedades e efeitos do urânio na água potável, ver: "Uranium in Drinking Water". **WHO Guidelines for Drinking-water Quality**. 2004. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75365/WHO_SDE_WSH_03.04_118_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em 09 jan. 2023.

¹¹⁰ Linha contínua no gráfico equivale ao valor limite de urânio em água subterrânea para consumo humano, igual a 0,015 mg/L, conforme Resolução CONAMA nº 396/2008. Background da região para águas subterrâneas é naturalmente mais elevado, da ordem de 0,020 mg/L, que o limite preconizado pela Resolução CONAMA, devido ao contexto geológico em está inserida.

A INB informa que o *background* da região para águas subterrâneas é naturalmente mais elevado, da ordem de 0,020 mg/L, devido ao contexto geológico da região, e apresenta a ressalva de que “a dinâmica de recarga do aquífero cristalino, o regime de chuvas do período, bem como as características hidrogeológicas e localização relativa do poço devem ser considerados na análise crítica dos resultados”, bem como alguns pontos de coleta compõe “locais em que essas águas não são utilizadas para ingestão nas comunidades devido à baixa qualidade organoléptica pela presença de sais, ferro, manganês e sódio”.

O órgão do governo da Bahia responsável pela gestão de água no Estado é o INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Em 2013, esse órgão realizou coleta e análise de cisterna em propriedade privada próxima à lavra de urânio em Caetité, cujo resultado apontou a presença de urânio quatro vezes superior ao limite máximo para consumo humano¹¹¹.

Nesse cenário, o TCU¹¹² determinou que o IBAMA realizasse estudos de contaminação do lençol freático na região de Lagoa Real (município que era distrito de Caetité e que se localiza próximo à lavra uranífera em atividade). Os resultados não indicaram contaminação de urânio nas coletas analisadas:

De acordo com a análise do órgão, realizada através dos resultados de monitoração e pareceres entregues pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis- Ibama, as informações apresentadas indicam a inexistência de contaminação por urânio nas águas do município.

As monitorações ambientais ocorreram entre 2018 e 2021 em consonância com as determinações do TCU e com a definição dos pontos de amostragem pela empresa conjuntamente com o Ibama. O documento do TCU cita o Ofício nº 1171/2021/GABIN, de 28/10/2021, do IBAMA, segundo o qual os resultados obtidos em 2021 são semelhantes aos dos anos anteriores no sentido de não terem sido identificadas anomalias relativas à concentração de urânio, conforme trecho a seguir: ‘Ao se considerar esse novo conjunto de dados de monitoramento (quadrimestres de 2020 e primeiro quadrimestre de 2021), mantém-se entendimento exposto no Parecer Técnico nº 232/2020-COMIP/CGTEF/DILIC (SEI 8403378), qual seja, que esta equipe não identifica nenhuma anomalia nas concentrações de urânio nas águas monitoradas’.

Segundo parecer do Ibama, os resultados referentes aos quadrimestres de 2020 e ao primeiro quadrimestre de 2021 não indicaram comprometimento das águas estudadas no que se refere ao parâmetro Urânio Total, seja

¹¹¹ “Após nova análise, Bahia confirma contaminação de água por urânio”. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/6993/apos-nova-analise-bahia-confirma-contaminacao-de-agua-por-uranio> Acesso em 09 jan. 2023.

¹¹² Conforme Acórdão nº 1226/2022, Acórdão 1058/2018-TCU-Plenário e processo TC 020.403/2016-0

considerando os valores máximos permitidos das normatizações ambientais (0,02 mg/L para águas superficiais e 0,015 mg/L para águas subterrâneas) ou os limites para potabilidade na normatização do Ministério da Saúde (0,03 mg/L)¹¹³.

Apesar de presumidamente a única operação de extração de urânio no país estar em conformidade com relação à contaminação desse elemento nos corpos d'água, é importante frisar que esse tipo de risco – contaminação das águas – não é o único presente. Como será exposto adiante, o urânio, por meio do seu produto radônio, também apresenta riscos cujo vetor de propagação se dá pelo ar. Em complemento, o relatório a seguir demonstra que historicamente já ocorreram acidentes bastante críticos, os quais evidenciam situações de vulnerabilidade e grave dano ambiental, inclusive em alguns deles majorando os riscos de dano toxicológicos e radiológicos do urânio natural.

Em 2014, o relatório da Fundação Oswaldo Cruz, em parceria com a Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP), a organização francesa “*Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité*” (CRIIRAD) e o projeto “*Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade*” (EJOLT) expôs graves acidentes ocorridos na lavra de urânio no interior da Bahia entre os anos de 2000 e 2013, os quais comprovam o risco inerente dessa atividade, a necessidade de uma regulação firme e coesa, e a urgência para se utilizar de mecanismos do Direito Ambiental, como o princípio da precaução, como ferramenta de proteção socioambiental, uma vez que muitos desses acidentes despejaram urânio no meio ambiente, conseqüentemente gerando impacto toxicológico e radioativo no meio. É transcrito a seguir o quadro na íntegra:

¹¹³ “Processo do TCU conclui inexistência de contaminação por urânio nas águas de Lagoa Real/BA”. INB. 2022. Disponível: <http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/processo-do-tpcu-conclui-inexistencia-de-contaminacao-por-uranio-nas-aguas-de-lag/Origem/588> Acesso em 09 jan. 2023.

Figura 8 – históricos de acidentes registrados na lavra de urânio, em Caetité, durante os anos de 2000 a 2013

Data	Descrição
Abril de 2000	Vazamento de 5.000 m ³ de óxido de urânio denunciado seis meses depois e só desmistificado após mais três meses.
Abril de 2002	Vazamento na área de acondicionamento de <i>yellow cake</i> mantido em segredo.
Janeiro a Junho de 2004	A bacia de retenção de materiais finos transborda sete vezes, liberando líquido com concentrações de urânio-238 e rádio-226 ao meio ambiente.
1º semestre de 2006	Ruptura de uma manta de geotêxtil na bacia de licor de urânio, resultando em 60 dias de paralisação.
Junho de 2008	Relatos de vazamentos nos tanques de lixiviação.
Outubro de 2009	Vazamento de solvente carregado de urânio (cerca de 30 mil litros de licor de urânio) para o reservatório de águas pluviais, que transbordou levando a contaminação para o meio ambiente.
Outubro de 2012	Vazamento de 100 a 400 kg de concentrado de urânio, na área onde o material é acondicionado.
Novembro de 2012	Na tentativa de estancar um vazamento de ácido sulfúrico que estava sendo drenado de um tanque, que estoca 100 mil litros do produto, para uma das bacias que armazenam licor de urânio, a tubulação do ácido furou. Com as chuvas, a contenção não resistiu e o ácido foi parar no reservatório de água pluvial, que é pequeno e, quando chove, costuma transbordar para o meio ambiente.
Junho de 2013	Vigilante (trabalhador terceirizado), ao fazer uma ronda na madrugada, cai na bacia de rejeitos líquidos, que contém ácido sulfúrico, carbonato de sódio, amônia, urânio, rádio, entre outras substâncias perigosas. A bacia de cinco metros de profundidade não possuía guarda-corpos, e estava cheia a pouco mais da metade de sua capacidade no momento do acidente.

Fonte: Relatório Preliminar - FIOCRUZ, ENSP, CRIIRAD, EJOLT (<https://www.criirad.org/wp-content/uploads/2017/08/relatorio-prelim-fiocruz-CRIIRAD-caetite-11-4-2014.pdf>)

Com relação à presença de concentrações mais elevadas de urânio, comparando com outros locais, a INB recorrentemente justifica que se trata de um

processo natural, e que, portanto, suas atividades não teriam relação de causalidade com essas medições¹¹⁴.

Essa conduta corrobora com a pesquisa da área de Geociências da Universidade de Brasília¹¹⁵, em que foi apontado que os teores de urânio encontrados em poços d'água na região uranífera de Caetité se dão por características de formação geológica:

(...) entende-se que as concentrações anômalas de urânio observadas em determinados poços refletem a geoquímica da rocha, que naturalmente é enriquecida nesse elemento radioativo. Trata-se de uma grande região anômala para este radioisótopo e é esperado se encontrar nas águas subterrâneas, que lixiviam essas rochas, o reflexo dessa anomalia. Assim, pode-se afirmar de forma categórica que as anomalias de urânio nos solos e nas águas subterrâneas são decorrentes de processos naturais de acúmulo por interação água/rocha e pelo intemperismo¹¹⁶.

No entanto, o fato de haver naturalmente concentração maior de urânio nas águas subterrâneas vizinhas à lavra uranífera não exige a necessidade de adoção de medidas de precaução e prevenção, uma vez que a própria atividade minerária pode exceder esse teor a níveis catastróficos, contaminando seriamente a população e animais que têm nas águas locais sua fonte de abastecimento.

Também não se pode acolher essa circunstância inadvertidamente, uma vez que dela poderiam surgir alegações absurdas, como por exemplo, na busca de excludente de culpabilidade ou afastamento do nexo causal, por supor uma situação de “direito adquirido à contaminação dos lençóis freáticos de determinada região já naturalmente contaminada por urânio”. Em último caso, pode-se levantar o cabimento da aplicação da Súmula 613 do STJ¹¹⁷, que trata da inaplicabilidade da “Teoria do Fato Consumado” em temática ambiental, consubstanciado com o art. 225, “V”, § 1º da CF/88, que trata da imposição ao controle de substâncias que apresentam risco à vida e ao meio ambiente, *in verbis*:

¹¹⁴ “O urânio nas águas de Caetité ocorre naturalmente” INB. 2012. Disponível: <https://www.inb.gov.br/Media-Center/Detalhe/Conteudo/o-uranio-nas-aguas-de-caetite-ocorre-naturalmente-2085/Origem/593> Acesso em 09 jan. 2023.

¹¹⁵ SILVA, Liliane Ferreira da. Modelo conceitual do aquífero fraturado da área da jazida de urânio de Caetité, Bahia: implicações para o fluxo subterrâneo. 2015. ix, 147 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015, p. 116.

¹¹⁶ Intemperismo consiste no conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que provoca o desgaste das rochas ao longo do tempo.

¹¹⁷ Súmula 613-STJ: Não se admite a aplicação da teoria do fato consumado em tema de Direito Ambiental. STJ. 1ª Seção. Aprovada em 09/05/2018, DJe 14/05/2018.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:
(...)

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; (grifo nosso)

Apesar de todo o risco exposto, ressalta-se, que o Programa Nacional de Toxicologia, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer, e a EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) não classificam o urânio natural em relação à carcinogenicidade, no entanto, reforçam a natureza toxicológica desse elemento¹¹⁸.

O CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) do Departamento de Saúde do Canadá, corrobora o perigo primordial do urânio natural como toxicológico, e afasta a possibilidade deste, por si só, causar câncer:

A exposição excessiva à radiação ou quantidades excessivas de elementos radioativos no corpo podem causar câncer. Para que o urânio fora do corpo cause tal lesão, os níveis de urânio no ambiente devem ser muito altos para serem facilmente detectados por instrumentação ou análise de laboratório. Novamente, para que o urânio dentro do corpo cause câncer, os níveis de urânio devem ser tão altos que sejam facilmente detectados por análises laboratoriais e quase certamente causarão danos graves aos rins antes que qualquer sinal de câncer seja detectado. Quanto mais radioativo for um elemento, maior a probabilidade de causar câncer. Sua chance de contrair câncer de urânio é maior se você for exposto a urânio enriquecido (...). Nenhum tipo de câncer foi associado à exposição humana ao urânio natural (não enriquecido).¹¹⁹

Contudo, isso não implica necessariamente em uma exclusão de culpabilidade ou afastamento denexo causal em casos de comprovação de aumento de casos de câncer em indivíduos ligados à atividade de mineração de urânio, pois, como será exposto a seguir, enquanto ficou demonstrado que o urânio mineral concentra mais riscos de caráter toxicológico, ou seja, não relacionada à radiação ionizante diretamente, seu produto por decaimento natural, o radônio – presente sobretudo

¹¹⁸ *ToxFAQs for Uranium* ATSDR. Disponível em: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxFAQs/ToxFAQsDetails.aspx?faqid=439&toxid=77> Acesso em 09 jan. 2023.

¹¹⁹ *"Cancer Clusters"*. CDC. Disponível em: <https://www.cdc.gov/nceh/clusters/fallon/uraniumfaq.htm> Acesso em 15 nov. 2022. (tradução nossa)

onde há urânio *in natura*, é altamente radioativo e considerado cancerígeno pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer da OMS.

2.2 O risco da radiação do radônio e sua relação com urânio

Tendo em vista que a discussão adiante se dará sobre os riscos da radiação e como ela está relacionada com a exploração do urânio, inicialmente expõe-se, de forma breve, o que é a radiação, os tipos, e os riscos que ela apresenta, para posteriormente abordarmos o potencial de risco do radônio à saúde humana, e por fim, a relação direta entre urânio e radônio. Em outras palavras, é importante inicialmente se entender o que são e quais os riscos das radiações em geral (2.2.1), em seguida limitar a análise do risco nas radiações providas pelo radônio (2.2.2), e como esse gás radioativo se relaciona diretamente com o urânio (2.2.3).

2.2.1 Radiações em geral

As radiações se classificam em não ionizante e ionizante, sendo a quantidade de energia basicamente o fator que as divide¹²⁰. A quantidade de energia implica na frequência da onda, pois “quanto maior a frequência de uma radiação, maior sua energia”¹²¹. Assim, as radiações do tipo ionizantes possuem maior comprimento de onda, e por serem mais energéticas, tem o potencial penetrar nos tecidos corpóreos e causar danos celulares no organismo, podendo levar ao câncer¹²².

Apesar de muitos terem medo desse fenômeno, muitas vezes por falta de informação, podemos ver na imagem a seguir como a radiação é importante e faz parte da nossa vida constantemente.

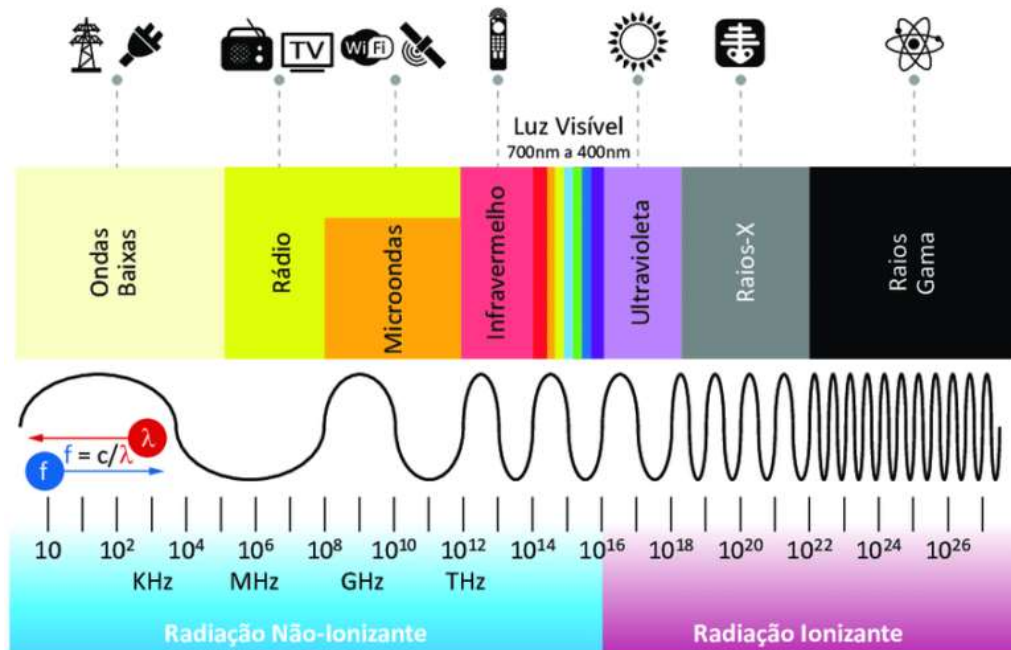
¹²⁰ Radiação”. FIOCRUZ. Disponível em:

https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html Acesso em 09 jan. 2023.

¹²¹ “Química”. UFJF. 2015. Disponível em: https://www2.ufjf.br/quimica/files/2015/06/aula-3-2019_1.pdf Acesso em 09 jan. 2023.

¹²² “Radiações Ionizantes”. INCA. 2022. 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 jan. 2023.

Figura 9 – Exemplos de radiações não-ionizantes e ionizantes



Fonte: (<https://www3.unicentro.br/museu/acervo/fisica/radioatividade-e-radiacao-ambiental/>). Acesso em 09 jan. 2023.

Basicamente todos estão expostos a radiações advindas de duas grandes fontes: naturais e artificiais. A primeira diz respeito à todas as fontes emissoras de radiação naturalmente, como os raios solares, materiais à sua volta, própria formação da crosta terrestre, determinados elementos como o urânio, radônio e outros. As fontes artificiais são criadas pelo ser humano, como as ondas de rádio e raio-X. Dentre elas, destaca-se a subclasse das fontes laborais, que estão voltadas para pessoas que trabalham no setor nuclear, como em hospitais, laboratórios, reatores e indústrias, em que há regulações específicas com limites máximos de dose para garantia da segurança dos funcionários¹²³.

¹²³ Idem. INCA, 2022.

As radiações dependem de alguns fatores para desenvolver danos, como a dosagem e o tempo de exposição¹²⁴. Além disso, fatores genótipos do indivíduo podem interferir, como a pré-disposição genética e influência de hábitos de vida¹²⁵. Segundo o INCA, os efeitos da radiação ionizante podem ser agudos ou crônicos. No caso dos raios gama, por exemplo, o Instituto relaciona como efeito crônico desse tipo de radiação o aparecimento dos seguintes tipos de câncer: glândula salivar, esôfago, estômago, cólon, pulmão, ossos, mama, bexiga, rim, pele, cérebro e sistema nervoso central (SNC), tireoide e leucemia.

Segundo publicação da AIEA¹²⁶, a questão da proteção ambiental no contexto das radiações ionizantes vem ganhando destaque, principalmente com sua interligação com a mineração de urânio:

Desde o final dos anos 70 houve um aumento geral da preocupação com o meio ambiente, presumivelmente devido à evidência de que as ações dos seres humanos estão causando mudanças ambientais visíveis e significativas.

¹²⁴ Outros aspectos técnicos relevantes a serem pontuados: “Atividade é o número de decaimentos que em determinada amostra por unidade de tempo. Suas unidades de medidas são, Becquerel (Bq): Igual a um decaimento por segundo; Currie (Ci): equivalente a Bq. Exposição e Dose são medidas dos efeitos de radiação ionizante. A exposição é a quantidade de carga gerada pela radiação ionizante por unidade de massa. Sua unidade pode ser o Roentgen (R) que equivale a C/kg. A dose absorvida é a quantidade de energia depositada pela radiação por unidade de massa. Sua unidade é o Gray (Gy), que é igual a 1 J/kg. A dose equivalente é uma grandeza física que descreve o efeito relativo dos distintos tipos de radiações ionizantes sobre os tecidos vivos. Sua unidade de medida é o Sievert (Sv). A dose equivalente é um valor com maior significado biológico que a dose absorvida. Para fótons, 1 Gy é igual a 1 Sv. Para partículas alfa 1 Gy é igual a 20 Sv.” Para mais detalhes: “Radioatividade e Radiação Ambiental”. UNICENTRO. Disponível em: <https://www3.unicentro.br/museu/acervo/fisica/radioatividade-e-radiacao-ambiental/> Acesso em 09 jan. 2023.

¹²⁵ Um exemplo prático que demonstra bem a diferença que pode haver dos efeitos da radiação nos diferentes indivíduos é o evento ocorrido em 1976 com Harold McCluskey, o “Homem Atômico”. O técnico sofreu um acidente de trabalho ao manusear o amerício, um elemento artificial 50 vezes mais radioativo que o plutônio. No acidente ele foi exposto a maior dose de radiação jamais registrada em um técnico nuclear, 500 vezes superior ao que uma pessoa poderia receber sem sofrer nenhum dano irreparável em seu organismo. Diante dessa circunstância, muitos médicos que o acompanhou eram descrentes da sua sobrevivência. Durante cinco meses ele recebeu mais de 600 vacinas DTPA de zinco, um fármaco que se liga aos metais radioativos. Ele era lavado e barbeado todo os dias pelas enfermeiras, que jogavam as toalhas e a água de seus banhos em um depósito de resíduos nucleares. No entanto, o tratamento funcionou e seu nível de radioatividade caiu 80% depois de quase meio ano de isolamento. Harold pôde voltar para casa, e morreu apenas em 1987, com 75 anos de idade, de insuficiência cardíaca congestiva, cujo laudo apontava que não tinha nenhum vínculo com a radiação recebida. “A trágica história do Homem Atômico, o humano mais radioativo do planeta”. MDIG. 2019. Disponível em: <https://www.mdig.com.br/index.php?itemid=47957> Acesso em 09 jan.2023.

¹²⁶ AIEA. *Environmental Contamination from Uranium Production Facilities and their Remediation*.2004. Disponível em: https://www-pub.AIEA.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1228_web.pdf Acesso em 09 jan. 2023.

Além disso, agora está sendo dada muita atenção às maiores implicações dos danos causados a elementos de ecossistemas particulares com consequentes impactos sobre a biodiversidade. É talvez por estas razões que a questão da proteção ambiental no contexto da radiação ionizante está sendo abordada em muitos países. Os impactos da mineração de urânio e resíduos de moagem sobre o meio ambiente não estão todos relacionados apenas com o conteúdo de radionuclídeos. A presença de outros contaminantes pode exacerbar a disponibilidade dos radionuclídeos para o meio ambiente e, em alguns casos, os outros contaminantes têm efeitos nocivos diretos em si mesmos [...]

Nesse sentido, percebe-se que a mineração do urânio, além de carregar em si todos os riscos inerentes ao impacto ambiental de qualquer atividade minerária, também tem o agravante da toxicologia desse elemento, e a radiação do seu produto radônio. Portanto, faz-se necessário, dentro da lógica da gestão de riscos, entender bem o potencial de dano associado a esse gás, para assim estabelecer uma noção de aceite de riscos, bem como instituir mecanismos de mitigação dos seus efeitos danosos.

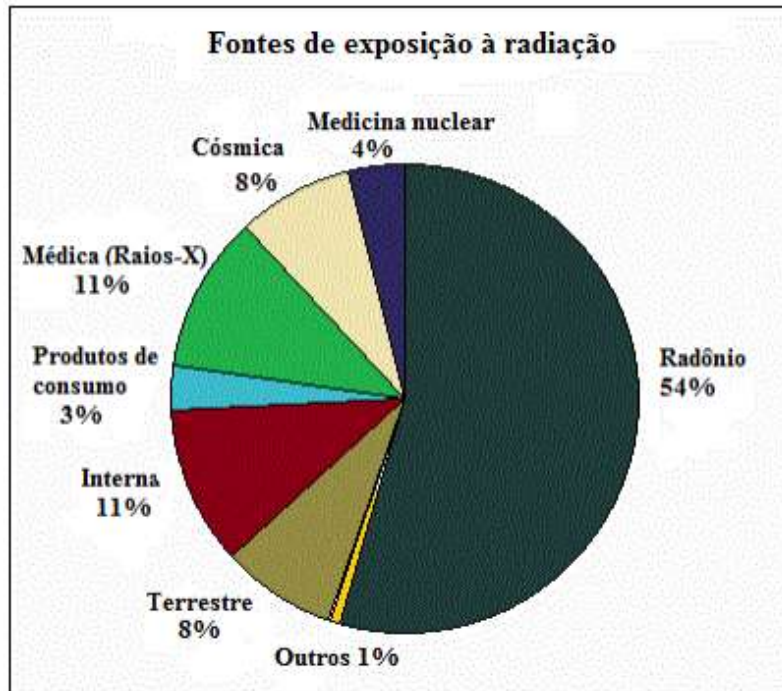
2.2.2 O risco da radiação do radônio

Diante do exposto, pode-se ver que as radiações ionizantes representam potencial de danos à saúde. No entanto, se já foi dito que o perfil toxicológico do urânio é preponderante ao seu caráter radioativo, como esse elemento deve ser analisado sob o viés radiológico? A resposta está no seu decaimento. O urânio como próprio elemento é tóxico, porém ao passo em que ele está constantemente em etapa de decaimento natural, forma-se um outro elemento, de natureza gasosa, denominado radônio, e este, ao contrário do outro, tem propensão a ser altamente radioativo, além de ser uma das maiores fontes de radiação naturalmente recebidas pelos seres humanos:

Segundo a Comissão Internacional de Proteção Radiológica, cerca de 55% da radiação incidente sobre o ser humano provém do radônio e de seus produtos de decaimento, como pode ser visto na figura, mas a distribuição desse elemento no ambiente não é uniforme, variando de acordo com a distribuição do urânio no solo, temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade dos ventos e geologia da região¹²⁷

¹²⁷ Silva, Camila Rodrigues e Níveis de radônio em um ambiente hospitalar na cidade de Niterói-RJ. Niterói: 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/6477/Niveis%20de%20Radonio%20em%20um%20ambiente%20hospitalar%20na%20cidade%20de%20Niteroi-RJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 09 jan. 2023. p. 17.

Figura 10: Média da porcentagem de fontes de exposição à radiação recebidas pelo ser humano ao longo da vida



Fonte: Silva, Camila Rodrigues. "Níveis de radônio em um ambiente hospitalar na cidade de Niterói-RJ". Universidade Federal Fluminense – Instituto de Química. 2016. p.17

A própria descoberta dos efeitos danosos à saúde humana devido ao radônio é relativamente recente, o que demonstra a necessidade constante de aprimoramento do conhecimento, desenvolvimento de pesquisas e atenção a medidas de precaução no setor nuclear. Apesar de ter sido descoberto em 1900, apenas após a Segunda Guerra Mundial começou-se a estabelecer a relação direta entre maior incidência de câncer de pulmão com minérios de urânio. Com relação à presença de radônio em ambientes fechados, apenas em meados de 1980 essa ameaça tornou-se evidente:

O radônio foi descoberto por Friedrich Ernst Dorn, um químico alemão, em 1900, enquanto estudava a cadeia de decaimento do rádio. [...]. Como o rádio era caro e tinha grande demanda para o tratamento do câncer, o gás radônio, que é um produto natural da decomposição do rádio, também foi pensado para ter poderes curativos semelhantes. Então o radônio era uma espécie de “rádio mais viável economicamente”. Nos Estados Unidos, estudos epidemiológicos realizados após a Segunda Guerra Mundial mostraram que havia uma incidência incomumente alta de câncer de pulmão entre os mineiros de urânio. Eventualmente, limites ocupacionais foram estabelecidos para as concentrações de radônio em minas de urânio. Níveis elevados de radônio em residências não foram reconhecidos como uma ameaça potencial à saúde pública até meados da década de 1980.¹²⁸ (tradução nossa)

Um evento ocorrido em 1984, nos EUA, foi curioso e crucial para a noção atual do perigo do radônio. Ele demonstrou como este risco não está restrito às minas subterrâneas de urânio e como há necessidade de pesquisa, controle e mitigação para eventuais exposições excessivas ao radônio em ambientes residenciais:

Stanley J. Watras foi engenheiro de construção na usina nuclear de Limerick, em Pottstown, Pensilvânia. Um monitor foi instalado na fábrica para verificar os trabalhadores para se certificar de que eles não acumularam acidentalmente uma dose insegura de radiação no trabalho.

Um dia, a caminho do trabalho, Watras entrou na fábrica e disparou os alarmes do monitor de radiação que ajudam a proteger os trabalhadores, detectando a exposição à radiação. O pessoal de segurança o examinou, mas não conseguiu encontrar a fonte da radiação. Curiosamente, como a usina estava em construção na época, não havia combustível nuclear na usina, então não havia como o Sr. Watras ter sido exposto a qualquer radiação no trabalho.

Eventualmente, eles descobriram que Watras não estava pegando a radiação no trabalho, mas sim trazendo-a para o trabalho de casa! Uma equipe de especialistas foi enviada à casa dos Watras para investigar. Lá, eles mediram os níveis de radiação cerca de 700 vezes maiores do que o nível máximo considerado seguro para a exposição humana (a casa testada em 2.700 pCi / L e um nível seguro é igual ou inferior a 4 pCi / L). A fonte dessa enorme quantidade de radiação acabou sendo o radônio, um gás natural que entrou na casa a partir do subsolo. Não tinha nada a ver com o trabalho de Watras. Toda a família vivia em um ambiente aproximadamente equivalente a fumar algumas centenas de maços de cigarros por dia. Eles saíram de casa imediatamente, enquanto o problema estava sendo corrigido.

Depois que Watras e sua família evacuaram sua casa, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e funcionários da Pensilvânia a transformaram em um laboratório para medição a longo prazo de produtos de decaimento de radônio e avaliação de técnicas de mitigação. Depois de muitos meses, eles reduziram a concentração de radônio para um nível aceitável, e a família foi capaz de retornar. Depois de instalar um sistema de

¹²⁸ VDH (*Virginia Department of Health*). *Radon History*. Disponível em: <https://www.vdh.virginia.gov/radiological-health/indoor-radon-program/history/> Acesso em 04 dez 2022.

redução do gás, os níveis de radônio em casa testaram abaixo de 4 pCi / L.(tradução nossa)¹²⁹

Uma questão que pode ser levantada é sobre o real risco do radônio em ambientes abertos. Trata-se justamente da discussão deste trabalho: esse gás é altamente carcinogênico, o que representa um grave risco de dano. Em paralelo, como se demonstrará em pesquisas realizadas em regiões ricas em minério de urânio, seja no Brasil ou exterior, há fortes indícios de aumento de casos de câncer de pulmão nesses locais. Dessa forma, alinhando o grave risco de dano com incertezas científicas baseadas em fortes indícios e não apenas na mera incerteza, pretende-se apresentar o princípio da precaução como uma ferramenta capaz de buscar garantir maior segurança ambiental às populações em situação de vulnerabilidade por residirem próximo a locais com solo rico em urânio, principalmente ao se demonstrar que há lacunas jurídicas de regulação desse gás tanto no âmbito externo quanto interno.

Como apresentado, podemos observar o risco grave de dano associado ao radônio, na medida em que ele é fruto do decaimento do urânio, e representa mais da metade da radiação natural recebida pelos seres humanos. Por isso, faz-se importante frisar bem a relação direta entre radônio e urânio, para que as discussões sobre o risco considerem ambos na sua análise.

2.2.3 A relação do radônio com o urânio

Em seu estado natural, o U-238 tem muito pouca radioatividade, e como consequência, o perfil toxicológico desse elemento tem maiores influências na saúde dos indivíduos. Um estudo¹³⁰ aponta o produto do urânio – o radônio, como sendo a causa da maior incidência de câncer de pulmão em mineradores que trabalhavam em lavras uraníferas, devido à sua natureza de radiação ionizante:

¹²⁹ CARROLL, Erika. “*The Discovery of Radon in Homes: The Story of Stanley Watras*”. ELLIOTT AND ASSOCIATES. Disponível em: <https://www.radonillinois.com/the-discovery-of-radon-in-homes-the-story-of-stanley-watras/> Acesso em 09 jan. 2023.

¹³⁰ KEITH S, *et al.* *Toxicological Profile for Uranium*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2013 Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK158802/pdf/Bookshelf_NBK158802.pdf Acesso em 10 out. 2022. P. 84

O urânio é um metal pesado que forma compostos e complexos de diferentes variedades e solubilidades. (...)

A toxicidade do urânio varia de acordo com a sua forma química e via de exposição. (...) Como o urânio natural produz muito pouca radioatividade por massa de urânio, os efeitos renais e respiratórios da exposição de seres humanos e animais ao urânio são geralmente atribuídos às propriedades químicas do urânio.

Nenhuma evidência definitiva foi encontrada em estudos epidemiológicos que ligam mortes humanas à exposição ao urânio. **Os mineiros de urânio têm taxas de morte por câncer de pulmão acima do esperado; no entanto, esse achado é atribuído aos efeitos radiológicos do radônio e seus produtos de decaimento, que são descendentes de urânio e, portanto, presentes em minas de urânio.** (grifo nosso) (tradução nossa)

O radônio, assim como o urânio, está presente no mundo todo, e seu grau de concentração depende da presença uranífera na fonte¹³¹. Segundo a Ficha de Informação Toxicológica da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB):

O radônio é a segunda causa mais importante de câncer de pulmão depois do fumo em vários países. (...) é a principal causa de câncer de pulmão em não fumantes. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC - *International Agency for Research on Cancer*) classifica o ²²²Rn e seus produtos de decaimento como cancerígenos para o ser humano.¹³²

Com relação a esse gás radioativo, o já citado relatório da Fiocruz e outras entidades ressalta que o monitoramento realizado na mina de Caetité era ineficiente, portanto, gerando medições que podem acobertar graves riscos de dano socioambiental relacionados à exposição das comunidades vizinhas ao empreendimento uranífero¹³³:

Para o monitoramento da concentração de radônio livre no ar, é impossível analisar o impacto da mina porque a quantidade de postos de monitoramento localizados no ambiente imediato da mina é muito limitada (apenas três postos encontram-se a uma distância inferior a 3 km da mina, e todos estão situados na região noroeste). Nenhum posto de monitoramento está localizado no Vale do Riacho da Vaca, onde o impacto do despejo de rejeitos pode ser significativo, já que a concentração de radônio é geralmente mais elevada em depressões e vales. Além disso, a INB não monitora o fator de equilíbrio entre radônio e seus produtos de decaimento, cuja radiotoxicidade é maior do que a do radônio, portanto, não sendo possível fazer uma avaliação precisa das doses recebidas pela população que vive perto da mina.

¹³¹ R.A. Petta, T. F. C. Campos. "O gás radônio e suas implicações para a saúde pública". **Revista de Geologia**, Vol. 26, nº 2, 7 - 18, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/54438212-O-gas-radonio-domestico-e-a-radioatividade-natural-em-terrenos-metamorficos-o-caso-do-municipio-de-lucrecia-rio-grande-do-norte-brasil.html> Acesso em 09 jan. 2023. P. 85-87.

¹³² "Radônio". CETESB. 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2019/01/Radonio.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

¹³³ O referido relatório é de 2014, portanto, não se sabe se as condições denunciadas à época perduram.

Assim, não é possível se ter dados confiáveis sobre as medições e consequentemente riscos em que essas comunidades residentes vizinhas à mina de urânio em Caetité estão sujeitas. A utilização de metodologia objetiva, confiável e transparente é fundamental para se levantar dados que possam garantir maior segurança ambiental e inclusive compor elementos do princípio da precaução.

O rigor científico é essencial não apenas para se ter maior certeza e confiabilidade dos dados levantados, mas também compõe como parte integrante procedimental do princípio da precaução. Ao contrário do que muitos acreditam, esse princípio, mesmo baseado na incerteza científica, não afasta seu rigor científico. Melhor expondo: o princípio da precaução tem como pressuposto a incerteza científica de risco grave de dano, contudo para sua fundamentação, faz-se necessário que estejam presentes fortes indícios (pesquisas, relatórios, estudos) de dano¹³⁴.

A detecção do radônio deve ser feita por medições técnicas próprias, uma vez que ele é um gás inodoro, incolor, insípido¹³⁵. A medição mais apropriada do radônio é feita pela concentração no ar, devido a algumas de suas características como baixa solubilidade na água. O nível de referência estipulado pela OMS para concentração de radônio em ambientes internos de moradia é de 100Bq/m³, e determina que “se esse nível não puder ser alcançado sob as condições específicas do país, o nível não deve exceder 300Bq/m³, que corresponde a uma dose anual de aproximadamente 10mSv.”¹³⁶

A título de comparação, o *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* (CCOHS), estima que “trabalhadores mais expostos, como um radiologista, recebem doses anuais médias de de 5 mSv por ano”¹³⁷.

Segundo dados da OMS, o nível médio de radônio no ar é de 5Bq/m³ a 15Bq/m³, e o risco aumenta gradativamente conforme tempo de exposição e dose. Estudos dessa organização apontam que o risco de câncer de pulmão aumenta linearmente

¹³⁴ NOIVILLE, Cristine. Ciência, decisão, ação: três observações em torno do princípio da precaução. In: VARELLA, Marcelo Dias (org.). **Governo dos Riscos**; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005, p. 35.

¹³⁵ “33 Facts about Radon.” RADON ENVIRONMENTAL. Disponível em: <https://radon-ohio.com/33-facts-about-radon/> Acesso em 09 jan. 2023.

¹³⁶ Idem. CETESB, 2019.

¹³⁷ “Radiation - Quantities and Units of Ionizing Radiation”. CCOHS. Disponível em: https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ionizing.html Acesso em 09 jan. 2023.

em cerca de 16% por 100Bq/m^3 , e a concentração desse gás, conforme já demonstrado por vários estudos e corroborado pela OMS depende diretamente da presença de urânio no solo¹³⁸.

Um levantamento da Pylon Electronics-Radon¹³⁹, empresa especializada em medições de radônio, aponta a relação direta dos materiais resultantes da mineração de urânio com a liberação desse gás na atmosfera, e como ele vai se dispersando no ar. No local de rejeitos de urânio, por exemplo, a aferição marcou assustadores 10.434Bq/m^3 :

As operações de mineração e moagem de urânio podem resultar em liberações locais anômalas de radônio para a atmosfera como resultado das altas concentrações onipresentes de rádio no minério de urânio. Perto de uma pilha de rejeitos de urânio, por exemplo, a concentração de radônio no ar era de $29,6$ a 10.434Bq/m^3 ($0,8$ a 282pCi/l), enquanto a um quilômetro de distância variava em torno de 1.554Bq/m^3 (42pCi/l). Em uma região de mineração de urânio, várias minas podem operar relativamente próximas umas das outras. Entre as fontes de radônio artificiais associadas a essas operações estão minas a céu aberto, pilhas de minério, operações de moagem e pilhas de rejeitos de laminação. Além disso, é possível em tal área ter formações geológicas com alto teor de rádio na superfície da terra ou perto dela, que também podem apresentar fontes naturais de radônio localmente altas¹⁴⁰ (tradução nossa).

Conforme já foi dito, a técnica de lavra uranífera em utilização no Brasil é a de mina a céu aberto, a qual, devido às suas características de operação, tem maior potencial de dispersão de urânio e conseqüentemente de radônio, principalmente quando se compara com a técnica de ISL.

Em solicitação à INB, por meio do Portal Fala-Br (solicitação nº 01236.000091/2022-04)¹⁴¹, foram enviados os resultados coletados para a presença de radônio no ar, entre os anos de 2000 e 2015, período em que houve atividade de exploração de urânio em Caetité-BA¹⁴².

¹³⁸ “*Radon and Health*”. WHO. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health> Acesso em 09 jan. 2023.

¹³⁹ A Divisão de Fabricação de Instrumentos da Pylon é reconhecida como líder internacional no projeto e fabricação de instrumentos de última geração para a detecção e medição de radônio.

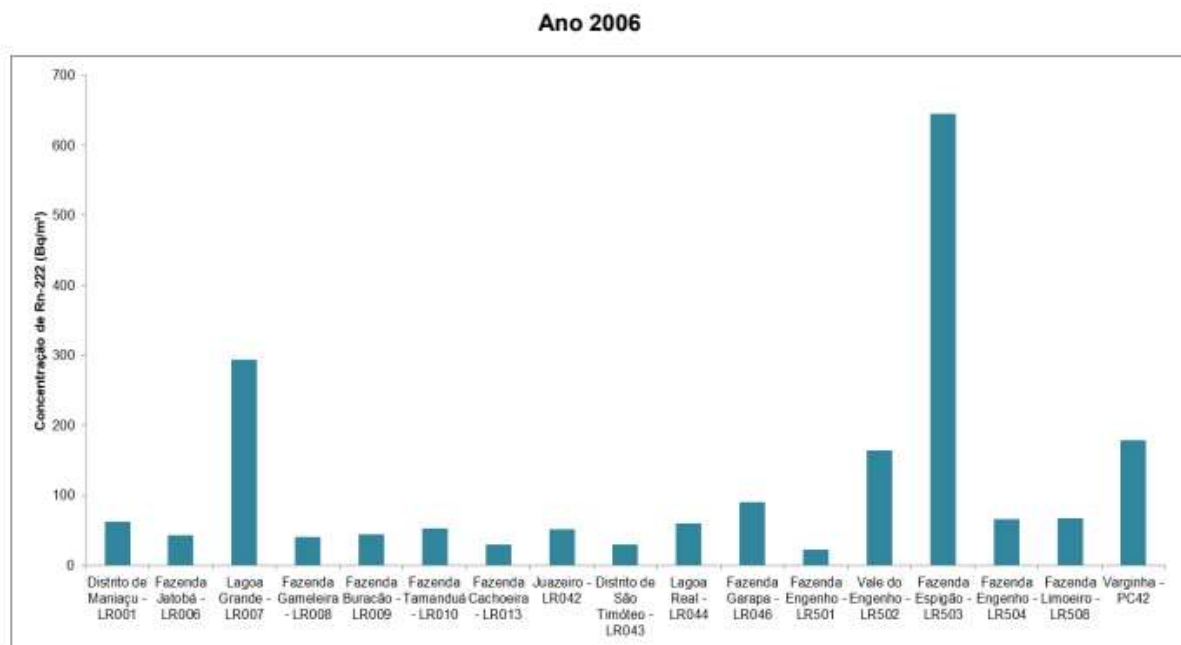
¹⁴⁰ “*Outdoor Radon Measurements*”. PYLON ELECTRONICS-RADON. 2016. Disponível em: <https://pylonelectronics-radon.com/2016/08/25/low-level-outdoor-radon-measurements/> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁴¹ A solicitação foi realizada pelo autor desta dissertação em 18 maio de 2022 e foi respondida em 14 jun. 2022 pelo setor de Ouvidoria da INB.

¹⁴² Mais detalhes das medições encontram-se no anexo II deste trabalho.

No relatório é dito que as medições são feitas em comunidades vizinhas ao empreendimento, mas sem especificar a metodologia da medição. Nesse sentido, algumas aferições acedem um alerta, pois apresentam níveis acima de 300Bq/m^3 , e novamente conforme OMS: “[...] se esse nível não puder ser alcançado sob as condições específicas do país, o nível não deve exceder 300Bq/m^3 ”. Por exemplo, destaca-se que no ano de 2006, na comunidade vizinha denominada “Fazenda Espigão”, a medição de concentração de radônio passou dos 600Bq/m^3 , e na “Lagoa Grande” apurou-se aproximadamente 300Bq/m^3 :

Figura 11: Concentração de radônio no ar de comunidades vizinhas à mina de urânio em Caetité-BA do ano de 2006¹⁴³:



Fonte: enviado pela INB por meio do Portal Fala-Br (solicitação nº 01236.000091/2022-04)

Embora o valor estipulado pela OMS seja para níveis *indoor*, as condições em que as medições foram feitas não é informada. Além disso, por se tratar de uma região de baixa renda, as casas geralmente são feitas de forma a aproveitar o solo da região, como uso de tijolos de adobe¹⁴⁴, e sem os cuidados necessários, as rachaduras e

¹⁴³ Linha contínua no gráfico equivale ao valor limite de urânio em água subterrânea para consumo humano, igual a $0,015\text{ mg/L}$, conforme Resolução CONAMA nº 396/2008. Background da região para águas subterrâneas é naturalmente mais elevado, da ordem de $0,020\text{ mg/L}$, que o limite preconizado pela Resolução CONAMA, devido ao contexto geológico em está inserida.

¹⁴⁴ PEREIRA, Luiz Henrique Meneses. Edificações sustentáveis: construções com tijolo de adobe. UFMG. 2019. Disponível em:

fissuras na construção podem somatizar ainda mais a concentração e exposição ao radônio, por ser um meio de escape do gás produzido via decaimento natural do urânio presente no solo: “[...] o radônio entra nas casas através de rachaduras na fundação, pisos suspensos, juntas de construção, rachaduras nas paredes do porão, furos do poço, penetrações de canalização e até mesmo pequenos furos.”¹⁴⁵

Figura 12: residência vizinha ao empreendimento de extração de urânio em Caetitê-BA:

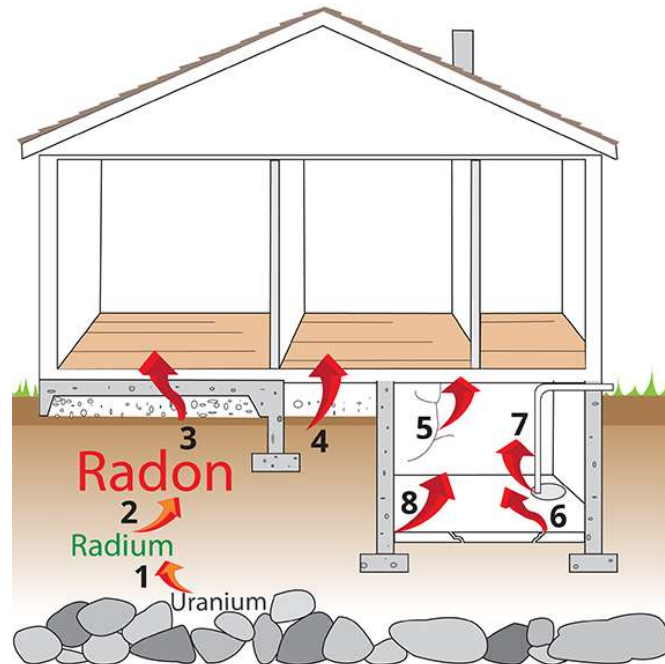


Fonte: “Programa Conversa com a Vizinhança”. INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/pt-br/Detalhe/Conteudo/programa-conversa-com-a-vizinhanca/Origem/638> Acesso em 09 jan. 2023.

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31410/1/MONOGRAFIA%20-%20EDIFICA%C3%87%C3%95ES%20SUSTENT%C3%81VEIS%20CONSTRU%C3%87%C3%95ES%20COM%20TIJOLO%20DE%20ADOBE.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁴⁵ “How Radon Gas Enters Homes”. UNIVERSITY OF NEVADA. Disponível em: <https://extension.unr.edu/publication.aspx?PubID=2645> Acesso em 09 jan. 2023.

Figura 13: Demonstração como o solo pode interferir na concentração de radônio *indoor*:



Fonte: “How Radon Gas Enters Homes”. UNIVERSITY OF NEVADA. Disponível em: <https://extension.unr.edu/publication.aspx?PubID=2645> Acesso em 09 jan. 2023.

Dessa forma, não se sabe de forma categórica quais são os níveis de radônio presentes nas residências e outros locais das comunidades vizinhas ao empreendimento uranífero em que esses moradores estão sujeitos pois as medições são deficientes com relação ao dano real em que essas populações estão sujeitas.

Ou seja, esse contexto associado a fortes indícios de relação direta de aumento de risco de exposição ao radônio em populações residentes adjacentes à solos ricos em urânio (conforme será demonstrado no item 3.3) compõem elementos que embasam a aplicabilidade do princípio da precaução, diante do grave risco de dano em que essas comunidades estão sujeitas – ou até que pelo menos os órgãos reguladores nucleares apresentem uma metodologia objetiva que possa demonstrar que as operações de lavra do urânio não aumentam a concentração de gás radônio a níveis superiores aos limites estipulados pela OMS.

Por todo o exposto, podemos observar os riscos inerentes ao urânio (toxicidade), ao radônio (radiação) e a relação direta entre eles. Antes de adentrar nas lacunas, faz-se necessário entender como a regulação do setor nuclear brasileiro foi se moldando, tanto no plano legislativo, quanto das competências institucionais, uma vez que, conforme já elucidado em etapa introdutória, a participação política é

relevante na gestão do risco na medida em que é nesse âmbito em que as ponderações e decisões de aceite de riscos ocorrem. Posteriormente serão detalhadas as lacunas jurídicas, tanto internacionais quanto nacionais, e como elas amplificam ainda mais os riscos da atividade da mineração de urânio, na medida em que não a consideram de forma eficiente na lógica de gestão de riscos, inclusive descartando-a do instituto da responsabilização.

2.3 Breves conclusões gerais do capítulo

Como visto, apesar de não ser amplamente difundido, o urânio apresenta a peculiaridade de ser um elemento que carrega em si a propriedade de duplo risco, em que a toxicidade é sua maior relevância diretamente, enquanto que o risco da radioatividade majoritariamente provém do gás radônio, o qual é produto do seu decaimento natural. Trazer à tona a problemática do radônio é relevante, pois este só existe por conta do urânio e essa relação direta é que explica o motivo de se ter maior preocupação ambiental e da saúde humana em regiões ricas em solo uranífero, ou que tenham exploração desse elemento próximo.

Como onde há mais urânio há maior concentração de radônio, em paralelo tendo em vista os efeitos na saúde de mineiros uranífero dessa maior exposição, junto ao fato de pesquisas voltadas para as populações que residem próximo a extração uranífera serem escassos, temos uma situação de grave dano de risco e incerteza científica – fatores estes que compõem elementos para a aplicabilidade do princípio da precaução.

3. AS LACUNAS NORMATIVAS DIANTE DO RISCO DE DANO E A IMPORTÂNCIA DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO PARA ESTRUTURAR A REGULAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE URÂNIO *IN NATURA*

Conforme foi exposto, o urânio-238 apresenta uma série de riscos, os quais se dividem basicamente em toxicológico e radiológico. Apurar de quais maneiras o aporte normativo internacional e nacional lidam com essa questão é de fundamental importância, tendo em vista o potencial de vulnerabilidade socioambiental que essa atividade pode causar. Apesar disso, o que se percebe na prática é que nem os organismos internacionais responsáveis pelo controle da atividade nuclear, nem o ordenamento jurídico pátrio estão preparados para lidar com a problemática presente nos riscos da mineração do urânio.

Uma vez já transpassados o “risco físico-químico do U-238”, é preciso se atentar neste momento para os riscos jurídicos da lacuna normativa dessa atividade (3). Para tanto, inicialmente será apresentado um breve panorama da regulação nuclear no Brasil (3.1), as lacunas no ordenamento jurídico: omissões no Direito internacional e nacional nuclear para os riscos do radônio e mineração de urânio a céu aberto (3.2) e uma análise dos riscos de radiação e contaminação na norma jurídica: entre a certeza e a incerteza científica (3.3).

3.1 Um breve panorama da regulação nuclear no Brasil

A importância de se entender os riscos do urânio, e conseqüentemente do radônio, se dá porque o Brasil, além de deter grandes reservas desse minério, apresenta uma regulação com deficiências na gestão do risco da atividade da mineração uranífera, ao passo em que vem buscando expandir essa atividade economicamente. Para tanto, inicialmente temos que entender, ao menos de forma geral, como foi construída a regulação nuclear no país (3.1.1), e em seguida compreender os atores pela perspectiva da competência normativa na regulação nuclear (3.1.2)

3.1.1 Um breve olhar à construção da regulação nuclear no Brasil

O Brasil desde muito cedo se mostrou atento às implicações estratégicas e econômicas do domínio da tecnologia do átomo. Podemos observar como ponto de partida da regulação nuclear no ordenamento nacional, a Lei nº 1.310/1951, que buscava incentivar a pesquisa e prospecção de minérios atômicos, definir quais seriam esses elementos¹⁴⁶, e submete ao controle do Estado todas as atividades referentes ao aproveitamento nuclear, e estabelece a competência privativa da Presidência da República para orientar a política geral da energia atômica.

Pouco mais de uma década após a estreia do tema no arcabouço jurídico pátrio, a Lei nº 4.118/1962 trouxe as diretrizes para o setor nuclear brasileiro, consolidando o regime de monopólio da União sobre a pesquisa, lavra, enriquecimento, processamento e controle dos minérios nucleares. Apesar de antiga – o que por si só não deve ser um fator para reduzir sua importância, pois esse normativo foi atualizando seus dispositivos com o decorrer do tempo, essa lei até hoje é considerada como a base da regulação nuclear no Brasil. Contudo, pontua-se a necessidade de se analisar as novas normas que a sucederam ou a modificaram, a fim de se observar se trouxeram de fato novas concepções e melhorias para a regulação do setor, ou se são apenas novos rearranjos institucionais, os quais no plano concreto apenas se repetem.

Em níveis constitucionais, o termo “nuclear” aparece pela primeira vez na Emenda Constitucional Nº 1 de 1969, no Art. 8º, XVII, “i” das competências da União para legislar “sobre águas, telecomunicações, serviço postal e energia (elétrica, térmica, nuclear ou qualquer outra)”.

Na Carta Magna de 1988, o tema nuclear é tratado de forma ampla, reafirmando a competência federal para operar as atividades nucleares, por meio de monopólio estatal, e indo além dos aspectos de prospecção e aproveitamento dos materiais

¹⁴⁶ Art. 3º, § 3º: O Conselho incentivará, em cooperação com órgãos técnicos oficiais, a pesquisa e a prospecção das reservas existentes no país de materiais apropriados ao aproveitamento da energia atômica.

§ 4º: Para efeito desta lei, serão considerados materiais apropriados ao aproveitamento da energia atômica os minérios de **urânio**, tório, cádmio, lítio, berílio como boro e os produtos resultantes de seu tratamento, bem como a grafita e outros materiais discriminados pelo Conselho. (grifo nosso)

nucleares, condicionando o seu uso apenas para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional:

Art. 21. Compete à União:

XXIII - explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados, atendidos os seguintes princípios e condições:

a) toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional;

Em outros trechos, a Constituição Federal de 1988 traz a temática nuclear atrelando a ela aspectos de responsabilização e competência legislativa. O art. 21, XXIII, “d” estabelece que “a responsabilidade civil por danos nucleares independe da existência de culpa”¹⁴⁷, e o art. 22, que elenca as competências privativas legislativas da União, dita que dentre outras, estão as “atividades nucleares de qualquer natureza” (inciso XXVI).

Com relação ao Congresso Nacional, a CF/88 estabelece que, conforme já citado, toda atividade nuclear no Brasil depende de aprovação do Congresso (Art. 21, XXIII, “a”), e no art. 49, XIV, fica expresso que é competência exclusiva do Congresso Nacional “aprovar iniciativas do Poder Executivo referentes a atividades nucleares”.

A Emenda Constitucional nº 49/2006, alterando parte do art. 21 e art. 177, trouxe certa flexibilização do monopólio da União sobre a produção, comercialização e utilização de radioisótopos¹⁴⁸ de meia-vida curta (igual ou inferior a duas horas), para usos médicos, agrícolas e industriais.

Posteriormente, uma nova Emenda (EC nº 118/2022), rompeu ainda mais com o regime de monopólio, ou seja, não restringindo apenas a radioisótopos de meia-vida

¹⁴⁷ Em complemento, a Lei Nº 6.453/1977 dispõe sobre a responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com atividades nucleares e dá outras providências.

¹⁴⁸ “Radioisótopos ou radiofármacos são substâncias que emitem radiação e são usadas no diagnóstico e no tratamento de diversas doenças, principalmente o câncer. Um exemplo é o iodo-131, que emite raios gama e permite diagnosticar doenças na glândula tireoide. Na medicina, os radioisótopos de vida longa são utilizados no estudo, diagnóstico e tratamento de diversas doenças. Na agricultura, os isótopos radioativos são aplicados aos adubos e fertilizantes a fim de se estudar a capacidade de absorção desses compostos pelas plantas. Na indústria, esses elementos são utilizados na conservação de alimentos, no estudo da depreciação de materiais, na esterilização de objetos cirúrgicos e na detecção de vazamentos em oleodutos, por exemplo. “Emenda que quebra monopólio sobre radioisótopos será promulgada na terça”. AGÊNCIA SENADO. 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/04/19/emenda-que-quebra-monopolio-sobre-radioisotopos-sera-promulgada-na-terca> Acesso em 09 jan. 2023.

curta, permitindo assim, ampla participação da iniciativa privada nessa seara¹⁴⁹. O novo texto constitucional do art. 21, XXIII passa a apresentar as seguintes alíneas atualizadas:

- b) sob regime de permissão, são autorizadas a comercialização e a utilização de radioisótopos para pesquisa e uso agrícolas e industriais;
- c) sob regime de permissão, são autorizadas a produção, a comercialização e a utilização de radioisótopos para pesquisa e uso médicos;

Com relação especificamente ao urânio, recentemente também houve mudança legal relevante. A Lei nº 14.514/2022¹⁵⁰ flexibilizou o monopólio desse elemento, na medida em que garante à INB estabelecer parcerias com a iniciativa privada na pesquisa e lavra de minérios nucleares, entre outras atividades.

Interessante observar que, embora as notícias e declarações do governo foquem que as parcerias entre a INB e iniciativa privada se darão apenas para pesquisa e lavra, dando a entender que seriam apenas essas duas atividades cujo monopólio foi flexibilizado, ao se atentar para o art. 4º e 5º dessa MP, percebe-se que o rol da participação em que entes privados poderão atuar é extenso, o que contribui ainda mais para a necessidade de regulação sólida para o setor:

Art. 4º A INB tem por objeto:

I - Executar:

- a) a pesquisa, a lavra e o comércio de minérios nucleares e de seus concentrados, associados e derivados;
- b) o tratamento de minérios nucleares e de seus associados e derivados;

¹⁴⁹ Um detalhe observado é que na alínea “b” é permitido a comercialização e utilização, enquanto na “c” há uma expansão da permissão, podendo produzir também os radioisótopos para pesquisa e uso médico. Ou seja, a EC 118/2022 não alterou as regras sobre produção de radioisótopos em outras áreas, como a agricultura e a indústria, dessa forma, permanecendo sob monopólio estatal sua produção, porém com possibilidade de autorização para utilização e comercialização pela iniciativa privada.

¹⁵⁰ A lei nº foi sancionada em 30 de dezembro de 2022 derivada da conversão da Medida Provisória nº 1.133/2022, com alguns vetos presidenciais, como “o que condicionava a exportação de minérios nucleares, concentrados e derivados e de materiais nucleares pela INB à aprovação do Ministério de Minas e Energia, sem prejuízo da autorização do Congresso Nacional para aprovar iniciativas do Poder Executivo sobre a atividades nucleares.”. “Sancionada com vetos lei que permite extração privada de minérios nucleares”. SENADO FEDERAL. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2023/01/02/sancionada-com-vetos-lei-que-permite-extracao-privada-de-minerios-nucleares> Acesso em 09 jan. 2023.

c) o desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento de minérios nucleares e de seus associados e derivados;

d) a conversão, o enriquecimento, a reconversão, a produção e o comércio de materiais nucleares; e

e) a produção e o comércio de outros equipamentos e materiais de interesse da energia nuclear;

II - Construir e operar:

a) instalações de tratamento, concentração e beneficiamento de minérios nucleares e de seus concentrados, associados e derivados;

b) instalações de industrialização, conversão e reconversão de material nuclear; e

c) instalações destinadas ao enriquecimento de urânio, ao reprocessamento de elementos combustíveis irradiados e à produção de elementos combustíveis e outros materiais de interesse do setor nuclear;

III - negociar e comercializar, nos mercados interno e externo, bens e serviços de seu interesse; e

IV - Gerenciar o aproveitamento do recurso estratégico de minério nuclear. (...)

Art. 5º Para a execução das atividades a que se refere o art. 4º, a INB poderá firmar contratos com pessoas jurídicas (...)

Vale destacar ainda, que, por ser uma matéria muito sensível e complexa, no que concerne à gestão de riscos, muitos Estados trouxeram em suas constituições estaduais apontamentos buscando afastar a presença de instalações nucleares em seu território¹⁵¹. No entanto, a competência para legislar sobre a matéria nuclear é privativa da União, conforme Artigo 22, XXVI da CF/88, e caso haja autorização dos Estados para legislar sobre questões específicas sobre o tema, seria necessária edição de Lei Complementar.

¹⁵¹ Como exemplo temos: art. 212 e 237 da Constituição do Maranhão; art. 226, III, da Constituição da Bahia; e art. 221 da Constituição de Alagoas. Tais dispositivos já foram declarados inconstitucionais pelo STF: “na ADI 6899, foi declarada a inconstitucionalidade da expressão “e dos serviços que usem aparelhos radioativos”, do artigo 212 da Constituição do Maranhão, que regulamenta o tratamento e a destinação dos resíduos decorrentes dos serviços que usem esses equipamentos. O Plenário julgou ainda inconstitucional o artigo 237 da Constituição maranhense, que proíbe a construção, o armazenamento e o transporte de armas nucleares no estado. [...] Na ADI 6901, o STF julgou inconstitucionais regras do artigo 226 da Constituição da Bahia que vedam a fabricação, a comercialização, transporte e a utilização de equipamentos e artefatos bélicos nucleares, a instalação de usinas nucleares e o depósito de resíduos radioativos. [...] na ADI 6903, foram declarados inconstitucionais o artigo 221 da Constituição de Alagoas e a Lei estadual 5.017/1988. O primeiro proíbe a instalação de usinas nucleares e o depósito de resíduos atômicos no estado. A segunda disciplina o transporte de material radioativo e de química letal.” “Plenário invalida normas de três estados que disciplinavam atividade nuclear.”. STF. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=492623&ori=1> Acesso em 02 jan. 2023.

Ademais, quando se tratar da localização de usinas nucleares, a Constituição Federal deixa claro que a definição do local se dará por meio de lei federal, conforme o art. 225, § 6º, “as usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas”¹⁵².

Nesse sentido, ressalta-se o posicionamento do STF que reforça esse entendimento, haja visto que foram declaradas inconstitucionais leis estaduais que pretendiam proibir a construção de usinas nucleares em seus respectivos territórios, ou vedação a locais de armazenamento de resíduos radioativos¹⁵³. No final de 2020, como exemplo, o STF julgou a ADI 4973, questionando a validade jurídico-constitucional do § 8º do Art. 232 da Constituição do Estado de Sergipe, que coibia usinas nucleares e depósitos de lixo atômico neste estado:

Artigo 232 [...]

§ 8º Ficam proibidos a construção de usinas nucleares e depósito de lixo atômico¹⁵⁴ no território estadual, bem como o transporte de cargas radioativas, exceto quando destinadas a fins terapêuticos, técnicos e científicos, obedecidas as especificações de segurança em vigor.” (grifo nosso)

¹⁵² Esse dispositivo levanta uma questão que é a nova geração de reatores nucleares, chamados de SMR, principalmente os MRs, este último, cuja vantagem é ser um reator móvel, podendo ser deslocando conforme necessidade: “Pequenos reatores modulares (*Small Modular Reactors* – SMRs) são reatores de fissão nuclear menores que os reatores convencionais. O termo “pequeno” no contexto de SMRs refere-se à potência projetada. De acordo com a classificação da AIEA, pequenos reatores modulares são definidos como reatores que produzem uma potência menor ou igual a 300 MWe. Deve-se notar que a maioria dos reatores comerciais que operam em todo o mundo são grandes, com potência variando entre 1000 MWe e 1600 MWe. O termo “modular” no contexto de SMRs refere-se à sua escalabilidade e à capacidade de fabricar os principais componentes do sistema de suprimento de vapor nuclear (NSSS) em um ambiente de fábrica e depois transportá-lo para o local. Sua escalabilidade significa que alguns dos SMRs devem ser implantadas como usinas de múltiplos módulos.” <https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-reator-modular-pequeno-smr-definicao/> . Mais especificamente, os micro-reatores (MR), capazes de produzir de 1 a 20 megawatts são facilmente transportáveis, com carga isolada de anos ou até décadas, que na prática torna, de forma viável, um pequeno reator nuclear itinerante, ou seja, sem local fixo de instalação a priori, o que poderia gerar um conflito com o Art. 225 § 6º da CF/88. <https://www.energy.gov/ne/articles/what-nuclear-microreactor>

¹⁵³ Exemplos de ações ajuizadas no âmbito do STF com o tema nuclear sendo tratado em legislações estaduais: ADIs 6.858 (AM), 6.894 (MT), 6.896 (GO), 6.897 (PE), 6.898 (PR), 6.899 (MA), 6.900 (DF), 6.901 (BA), 6.902 (AP), 6.903 (AL), 6.904 (AC), 6.905 (RO), 6.906 (RN), 6.907 (RR), 6.908 (RJ) e 6.910 (PA); ADI 6.913 (CE) e ADI 6.909 (PI).

¹⁵⁴ A Lei Federal que regulamenta os depósitos e gerenciamento de rejeitos radioativos é a Lei Nº 10.308/2001.

Pelo exposto, podemos verificar a repulsa que os entes federativos estaduais têm com o tema – “*Not in My Backyard*”¹⁵⁵ – que pode ser justificado pela falta de conhecimento científico e noção de risco atrelada à construção social do setor, explicando a divergência de percepção de risco que existe entre especialistas nucleares e o grande público. A questão é que esse fenômeno, aliado com o já citado “*Radiophobia*” tendem a interferir na concepção de risco¹⁵⁶. Dessa forma, aplicar técnicas científicas aliadas a instrumentos jurídicos para que conjuntamente se alcancem soluções verdadeiramente fundamentadas se faz necessário para um setor nuclear com segurança socioambiental e jurídica.

Por fim, como demonstrado na introdução deste trabalho, embora a ainda tênue aderência do Brasil ao setor nuclear, o país tem trilhado sua política energética buscando aproveitamento das suas grandes reservas uraníferas. Os seguintes exemplos demonstram essa escolha política adotada pelo país:

- Processo em andamento da outorga à iniciativa privada de finalização da usina de Angra 3;
- Plano de construção de novas usinas nucleares, conforme Plano Nacional de Energia – PNE 2050;
- Construção do Reator Multipropósito (RMB) pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) para P&D e abastecimento nacional de compostos para medicina nuclear;
- Flexibilização do monopólio do urânio, conforme Lei nº 14.514/2022;
- Emenda Constitucional Nº 118/2022, que autoriza a produção, comercialização e a utilização de radioisótopos para pesquisa e uso médicos;
- Criação da Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), com objetivo de separar algumas atribuições conflitantes da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN);

¹⁵⁵ “Not in My Backyard” é um coloquialismo que significa a oposição de alguém à localização de algo considerado indesejável em sua vizinhança. A frase parece ter aparecido pela primeira vez em meados da década de 1970. Foi usado no contexto do grande esforço das concessionárias de energia elétrica para construir estações geradoras de energia nuclear, especialmente aquelas localizadas em Seabrook, New Hampshire e Midland, Michigan”. (tradução nossa) <https://www.britannica.com/topic/Not-in-My-Backyard-Phenomenon>

¹⁵⁶ MANETTI. CRISTIANE TEIXEIRA. A Imprensa e a Percepção de Riscos Nucleares. IPEN, 2009.

- Construção de um submarino de propulsão nuclear pela Marinha;
- Retomada da mineração de urânio no país, que ocorreu em 01 de dezembro de 2020; e
- Projeto de Santa Quitéria, que visa elevar a exploração desse mineral.

Dessa forma, em complemento à construção da regulação nuclear e aos projetos em andamento e para o futuro do setor no país, é importante ter bem definido quem são os principais agentes e suas respectivas competências – principalmente em um cenário em que algumas funções podem parecer sobrepostas, como na etapa de licenciamento em que há a participação da CNEN e do IBAMA, bem como com a chegada da ANSN, em que se buscou segregar algumas funções da CNEN¹⁵⁷. Nessa mudança, a ANSN será responsável pela regulação, fiscalização e licenciamento, enquanto a CNEN estará a cargo dos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento do setor.

3.1.2 Os principais atores pela perspectiva da competência normativa na regulação no setor nuclear brasileiro

Além de todo o contexto geral e normativo já explanado, importante também apresentar quem são os agentes que desempenham papéis importantes no setor nuclear brasileiro, bem como quais são suas funções e normativos que os sustentam. Com esse panorama geral, podemos encaixar as peças no tabuleiro e partir para questões que rondam o setor.¹⁵⁸

¹⁵⁷ Essas mudanças ainda estão ocorrendo em passos curtos no plano concreto.

¹⁵⁸ Portanto, o quadro que será apresentado serve, ao mesmo tempo para apresentá-los aos leitores não familiarizados com a área, e também para consulta – caso em momento posterior da leitura surjam dúvidas sobre quem seja, ou qual o papel que determinada entidade desempenha.

O cenário descritivo da governança¹⁵⁹ do setor nuclear brasileiro é relevante, pois diz respeito diretamente às competências que determinadas entidades têm na regulação e execução do setor. Ou seja, é por meio do estudo da governança¹⁶⁰ que podemos visualizar, indagar e buscar responder as lacunas jurídicas da mineração de urânio, como questionar quais seriam as entidades responsáveis pelo controle do radônio, por exemplo: se ele é um gás radioativo originário do minério de urânio deveriam os órgãos de saúde, nucleares ou minerários serem os responsáveis por sua regulação?

Portanto, a tabela abaixo é fundamental para se ter maior compreensão do setor e serve de base para o desenvolvimento deste trabalho.

TABELA 1 – INSTITUIÇÃO, FUNÇÕES E NORMATIVOS DO SETOR NUCLEAR BRASILEIRO

INSTITUIÇÃO	FUNÇÃO	NORMATIVOS PERTINENTES
COMITÊ DE DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO (CDPNB)	É um colegiado do GSI (Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República), criado para assessorar o Chefe do Poder Executivo no estabelecimento de diretrizes, metas, ações para o desenvolvimento e acompanhamento do Programa Nuclear Brasileiro	Decreto nº 9.828/2019
AUTORIDADE NACIONAL DE SEGURANÇA NUCLEAR (ANSN)	Criada em 2021 a partir do desmembramento da CNEN, a ANSN tem como função fiscalizar, monitorar e regular as atividades e instalações nucleares, tendo especialmente como referência a governança internacional do setor.	Lei nº 14.222/2021
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN)	A CNEN é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), criada em 1956, para desenvolver a política	Lei nº 4.118/1962

¹⁵⁹ Governança, apesar de não ser considerado um termo propriamente jurídico (tem origem no documento *Governance and Development*, de 1992 do Banco Mundial, tem grande relevância no Direito, uma vez que diz respeito aos anseios e mecanismos de gestão pública para atuarem de forma eficiente na resolução de problemas públicos com vistas ao interesse coletivo. Para saber mais sobre “Governança”, ver: PETERS, Brainard Guy. O que é Governança. Revista do TCU. Maio/Ago. 2013; e GONÇALVES, Alcindo. O Conceito de Governança. Trabalho apresentado no XIV Congresso Nacional do Conpedi – Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito – Fortaleza, 2005. Disponível em: https://www.unisantos.br/upload/menu3niveis_1258398685850_alcindo_goncalves_o_conceito_de_governanca.pdf Acesso em 04 de fev. 2023.

¹⁶⁰ Ressalta-se que pode ser aprofundado muito o estudo da governança no setor nuclear brasileiro, entretanto este trabalho teve como objetivo trazê-lo de forma sucinta, apresentando quem são os principais atores do setor e tendo como foco principal a análise das competências legislativas distribuídas entre eles.

	nacional de energia nuclear. Esta entidade estabelece normas e regulamentos em radioproteção e até então é responsável por regular, licenciar e fiscalizar a produção e o uso da energia nuclear no Brasil.	
EMPRESA BRASILEIRA DE PARTICIPAÇÕES EM ENERGIA NUCLEAR E BINACIONAL S.A. (ENBPAR)	Controladora da Eletronuclear. Com a privatização da Eletrobras, a ENBPar foi criada, para dentre outras finalidades, manter sob o controle da União a operação de usinas nucleares.	Decreto nº 10.791/2021; Lei nº 14.182/2021.
ELETRONUCLEAR S.A.	Empresa de economia mista, controlada pela ENBPar, e criada em 1997 para construir e operar usinas termonucleares no Brasil. Originou-se da fusão da Nuclen - Nuclebrás Engenharia S.A. com a Diretoria Nuclear de Furnas.	Decreto nº 76.803/1975; Decreto nº 2.233/1997; Lei nº 14.182/2021
INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL (INB)	A INB atua na cadeia produtiva do minério, o "ciclo do combustível nuclear", que inclui a mineração, o beneficiamento, o enriquecimento, a fabricação de pó, pastilhas e do combustível que abastece as usinas nucleares brasileiras. Empresa pública controlada pela ENBPar, exerce, em nome da União, o monopólio da produção e comercialização de materiais nucleares.	Lei nº 6.189/1974; Decreto-Lei nº 2.464/1988; Decreto nº 11.235/2022; Lei nº 14.514/2022
NUCLEBRÁS EQUIPAMENTOS PESADOS S.A. (NUCLEP)	Fundada em 1975 para atender ao Programa Nuclear Brasileiro, e vinculada ao Ministério de Minas e Energia, a Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. é uma empresa pública de capital fechado que tem como objetivos principais projetar, desenvolver, fabricar e comercializar equipamentos pesados para os setores Nuclear, Defesa, Óleo e Gás, Energia e outros.	Decreto nº 76.805/75; Lei nº 14.120/2021
MARINHA DO BRASIL	Historicamente, a Marinha do Brasil é responsável por grande parte da existência do setor nuclear no Brasil ¹⁶¹ . Atualmente, as frentes dessa Força voltadas para o setor nuclear abrangem: o Programa Nuclear da Marinha (PNM), em execução desde 1979, buscando dominar o ciclo do combustível nuclear, desenvolver e construir uma planta	Decreto nº 93.439/1986; Lei nº 12.706/2012; Decreto nº 8.630/2015; Lei nº 14.222/2021 (art. 7º)

¹⁶¹ “O Almirante Álvaro Alberto [...] no ano de 1939, tornou-se catedrático do Departamento de Física e Química na Escola Naval, onde introduziu o estudo da Física Nuclear. Durante mais de 30 anos, dedicou-se ao magistério sem abandonar suas pesquisas, especialmente na área de explosivos e, de modo mais aprofundado, na área de energia nuclear, sendo, deste modo, o pioneiro no Brasil no estudo e nas pesquisas sobre energia nuclear. Foi de fundamental importância na criação do Programa Nuclear Brasileiro. Em sua homenagem, o primeiro submarino de propulsão nuclear terá o seu nome: SN-BR “Álvaro Alberto”. Idealizador e primeiro Presidente do, à época, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), atual Conselho Nacional de Pesquisas, o Almirante Álvaro Alberto foi, também, representante brasileiro na Comissão de Energia Atômica (CEA) da Organização das Nações Unidas (ONU)”. <https://www.marinha.mil.br/dgdntm/node/71>

	nuclear de geração de energia elétrica (Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica – LABGENE); o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), a fim de capacitar o país no domínio dos processos tecnológicos, industriais e operacionais de instalações nucleares aplicáveis à propulsão naval, este último em convergência com o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) ¹⁶² , que por sua vez conta com participação da Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A.(Amazul) - estatal brasileira, criada em 2013 com o objetivo de promover, desenvolver, transferir e manter tecnologias sensíveis às atividades do Programa Nuclear da Marinha e do PROSUB ¹⁶³ .	
SISTEMA DE PROTEÇÃO AO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO (SIPRON)	O SIPRON foi estabelecido em 1980 ¹⁶⁴ para integrar num só sistema todas as ações de segurança relacionadas ao Programa Nuclear Brasileiro.	Decreto-Lei nº 1.809/1980; Decreto nº 623/1992; Decreto nº 2.210/1997; Lei nº 12.731/2012
MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES - MISSÃO PERMANENTE DO BRASIL JUNTO À AIEA	A Missão Permanente representa o Brasil perante a AIEA e também visa representar o país no CTBTO (<i>Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization</i>) ¹⁶⁵	Decreto nº 5.582/2005
AGÊNCIA BRASILEIRO-ARGENTINA DE CONTABILIDADE E	O acordo bilateral, em 1991, entre Argentina e Brasil criou a ABACC para fomentar o uso exclusivamente pacífico	Decreto Legislativo nº 13/1994

¹⁶² “Criado em 2008, por meio da parceria estabelecida entre o Brasil e a França, o PROSUB tem como objetivo a produção de quatro submarinos convencionais e a fabricação do primeiro submarino brasileiro convencionalmente armado com propulsão nuclear. Contempla, além dos submarinos, a construção de um complexo de infraestrutura industrial e de apoio à operação dos submarinos, que engloba os Estaleiros, a Base Naval e a Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM) no município de Itaguaí - RJ.” PROSUB. MARINHA. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/programas-estrategicos/prosub> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁶³ “Programa de Submarinos”. MARINHA. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/prosub/amazul-pr> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁶⁴ Como consequência e precaução do acidente de *Three Mile Island*, ocorrido no ano anterior nos EUA, o Brasil implementou o SIPRON.

¹⁶⁵ “CTBTO (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization*) é uma organização internacional que será estabelecida após a entrada em vigor do Tratado de Proibição Completa de Testes Nucleares (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty*, CTBT). O CTBT é um tratado multilateral aberto para assinatura em 1996 pelo qual os estados concordam em proibir todas as explosões nucleares em todos os ambientes, para fins militares ou civis. Foi assinado por 183 estados e ratificado por 164, mas não entrou em vigor como oito estados específicos entre 44 (os chamados estados do Anexo 2 cujas assinaturas são necessárias para que o Tratado entre em vigor, ou seja, EUA, China, Irã, Egito, Israel, Índia, Paquistão e Coreia do Norte) ainda não ratificaram o Tratado.” Tradução nossa. “*The Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO)*” MFA. Disponível em: https://www.mfa.gov.tr/the-comprehensive-nuclear_test_ban-treaty-organization-_ctbto_.en.mfa Acesso em 09 jan. 2023.

CONTROLE DE MATERIAIS NUCLEARES (ABACC)	da Energia Nuclear. A principal missão da ABACC é garantir à Argentina, ao Brasil e à comunidade internacional que todos os materiais e instalações nucleares existentes nos dois países estão sendo usados com fins exclusivamente pacíficos. O objetivo da ABACC é administrar e aplicar o Sistema Comum de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (SCCC), o qual tem por finalidade verificar que os materiais nucleares em todas as atividades nucleares dos dois países não sejam desviados para armas nucleares ¹⁶⁶ .	
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA)	Órgão responsável pela análise dos impactos ambientais das atividades de licenciamento nuclear, realizada por meio de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e outros.	Instrução Normativa IBAMA nº 19/2018; Lei nº 6.938/1981

Fonte: Elaboração própria

Um destaque nesse quadro de instituições que compõe o setor é a criação da ANSN (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear) mediante o desmembramento da CNEN. Com essa mudança, espera-se que a CNEN passe a focar na parte de pesquisa e desenvolvimento, enquanto a ANSN com a regulação, fiscalização e licenciamento. Essa necessidade já havia sido levantada tanto externamente pela AIEA, quanto internamente pelo TCU, conforme se verifica no Acórdão 1.108/2014-TCU-Plenário¹⁶⁷ em que foi apontada a inadequação do modelo jurídico institucional de regulação do setor:

Observou-se que o modelo jurídico-institucional atualmente existente, que atribui à CNEN tanto atividades de regulação quanto de execução de GRCN (Gerenciamento de Rejeito Combustível Nuclear), apresenta deficiência de controle no processo de regulação do setor, já que não há adequada segregação de funções.

Como se observa, a disposição dos principais agentes que compõe o setor nuclear brasileiro é extensa e atuante em diversas frentes. Resta saber até que ponto o ordenamento legal está apto a fazer com que eles tenham condições de operar de

¹⁶⁶ “Sobre a ABACC”. ABACC. Disponível em: <https://www.abacc.org.br/a-abacc/sobre-a-abacc/> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁶⁷ TC 024.258/2013-0 Acórdão 1.108/2014-TCU-Plenário. Relator: André de Carvalho. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/data/files/20/C7/01/3A/4F5F9510D7B55F952A2818A8/Levantamento%20sobre%20gerenciamento%20seguro%20de%20rejeitos%20radioativos%20e%20de%20combustivel%20nuclear%20usado.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

forma a garantir um ambiente jurídico seguro e equilibrado socio-ambientalmente, no tocante a mineração de urânio, tanto em questões de responsabilidade diante do risco, bem como apresentar ferramentas e dispositivos direcionando suas ações.

Desses entes principais elencados, poucos são os que participam diretamente da cadeia do urânio *in natura* no tocante ao controle ambiental, sendo inclusive relevante a participação do IBAMA (por isso sua presença na tabela), autarquia federal presente principalmente na fase de licenciamento ambiental dos empreendimentos, conforme Política Nacional do Meio Ambiente, e a Agência Nacional de Mineração (ANM) na etapa da concessão do direito minerário – ambas “externas ao setor nuclear propriamente dito”:

Em termos de alinhamento de competências institucionais, o texto da Medida Provisória (Nº 1.133/2022)¹⁶⁸ propõe a participação da Agência Nacional de Mineração - ANM na regulação e autorização da pesquisa e da lavra de minérios nucleares, permanecendo a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear - ANSN com as competências para regular, normatizar, licenciar, autorizar e fiscalizar a segurança nuclear e a proteção radiológica da atividade de lavra de minério nuclear, seus depósitos de rejeitos e locais de armazenamento de resíduos. Essas propostas contribuem para a governança do setor, para a consolidação do ambiente regulatório e para reduzir as sobreposições de competências entre os entes reguladores.¹⁶⁹

Na prática, “dentro do setor” atualmente apenas a CNEN e INB estão diretamente relacionadas com a atividade da lavra uranífera no Brasil; o primeiro, desenvolvendo a normatização para o controle do setor em termos de controle e monitoramento de parâmetros, enquanto o último atua na exploração econômica do recurso natural. Com a chegada da ANSN¹⁷⁰, espera-se maior participação dessa instituição conjuntamente com a ANM, conforme demonstrado acima.

Com relação à regulação do radônio propriamente dito, temos posto que isto pode ser um gargalo de competência regulatória, pois ele é um gás emissor de partículas radioativas e produto do decaimento natural do minério de urânio, ou seja, à primeira vista levantaria dúvidas sobre quem seria o órgão competente para regulá-

¹⁶⁸ Destaca-se que a MP nº 1.133/2022 foi convertida em Lei nº 14.514/2022, em 29 dez. 2022.

¹⁶⁹ SENADO FEDERAL. MP 1.133/2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9193033&ts=1668596858072&disposition=inline> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁷⁰ A ANSN, pelo menos inicialmente, desempenhará papel indireto na temática da mineração de urânio, conforme sua competência de regular, estabelecer e controlar, para fins de cumprimento da Política Nuclear Brasileira os estoques e as reservas de minérios nucleares, de seus concentrados ou de compostos químicos de elementos nucleares (Art. 6º, II, “a”. Lei Nº 14.222/2021)

lo. Pela via da competência constitucional podemos inferir que esta repousa sobre a União (art. 21, XXIII; art. 22, XXVI e art. 177, V). No entanto, é necessário que se faça uma ponderação com o princípio da especialidade¹⁷¹, uma vez que a complexidade do radônio envolve vários fatores e elementos, como qualidade do ar, urânio mineral e saúde pública.

Nesse sentido, uma solução que se vislumbra seria estabelecer um grupo de trabalho com agentes federais (devido a competência nuclear ser da União), como CONAMA (qualidade do ar), MAPA (proteção ambiental), Ministério da Saúde (saúde pública), Ministério de Minas e Energia e Agência Nacional de Mineração (mineração do urânio), CNEN e ANSN (radiação), na busca de uma integração para se estabelecer parâmetros regulatórios sobre a proteção do radônio no Brasil.

Assim, conclui-se que de acordo com que já fora exposto, o urânio é o elemento base para o setor nuclear e se faz preciso que sua exploração seja regulada de forma clara e sólida, atendendo a aspectos específicos de um elemento de duplo risco (toxicológico e radioativo), e atenta aos princípios jurídicos ambientais. Nesse sentido, faz-se necessário que a chegada da ANSN seja de fato um incremento eficaz para o setor como um todo, e não apenas um mero rearranjo institucional¹⁷².

Nesse contexto, observa-se que o setor nuclear, embora bastante desconhecido para o grande público, apresenta uma vasta gama de instituições que desempenham funções nas mais variadas frentes. Contudo, mesmo diante dessa pluralidade institucional, algumas questões que envolvem riscos não são esclarecidas de forma suficiente, carecendo de aportes normativos para se chegar a uma maior segurança socioambiental.

A mineração do urânio, como exemplo, tem uma série de riscos não considerados em regulações pelas instituições responsáveis por sua exploração e controle, como se verá no item seguinte. Como consequência, sem medidas de prevenção ou precaução suficientes, essa atividade pode gerar grave risco ambiental.

¹⁷¹ PINTO, Alexandre Guimarães Gavião. Os Princípios mais Relevantes do Direito Administrativo. Revista da EMERJ, v. 11, nº 42, 2008. p. 137

¹⁷² Até o presente momento a ANSN ainda está em fase de consolidação. Já foi aprovada a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança (Decreto Nº 11.142, de 21 de julho de 2022) e o presidente Bolsonaro já nomeou um diretor-presidente, José Mauro Esteves, e um diretor Jefferson Borges Araujo, para comporem a cúpula decisória da ANSN: <https://petronoticias.com.br/bolsonaro-indica-jose-mauro-esteves-para-presidencia-da-autoridade-nacional-de-seguranca-nuclear/>

Portanto, é fundamental se atentar, entender e mapear os riscos de forma ampla dessa atividade.

Como já foi dito, o avanço da tecnologia nuclear, ao passo em que trouxe muitos ganhos sociais, também acendeu na comunidade internacional e nas pessoas o medo do perigo invisível que é a radiação. Diante do risco de grave dano de um acidente nuclear ou a explosão de uma ogiva atômica, a atividade essencial que provém o combustível nuclear – a mineração do urânio – não recebeu os aportes normativos e atenção oportuna de instituições nacionais e internacionais. No entanto, nela também há a presença de graves riscos de dano ambiental, em que pese tais riscos não se darem no mesmo nível de bombas ou desastres em reatores, não devem ser desconsiderados, pois é imperativo a defesa ambiental¹⁷³.

Nota-se que nas pesquisas que têm como foco o estudo dos efeitos do urânio mineral no meio ambiente e saúde humana, em que discorrem sobre os riscos da atividade da mineração de urânio, focam seus impactos nos trabalhadores da mina, e com pesquisas que datam de épocas em que as condições e/ou técnicas não são necessariamente as mesmas que as aplicadas atualmente.

Dessa forma, ao passo em que essas pesquisas já demonstrem os efeitos nos trabalhadores do setor, ainda paira a incerteza científica e o risco de grave dano para as populações que residem próximas a locais com formação geológica rica em urânio ou que tenham operações de lavra desse elemento.

Em Caetité-BA, única mina de urânio em operação no Brasil, o empreendimento é circundado por diversas comunidades, que além de serem moradia para várias famílias, são locais de produção agropecuária da região, e que, portanto, condições de risco ambiental apresentam além do risco de saúde, aspectos de impacto econômico. Alguns exemplos dessas comunidades são: Cachoeira, Gameleira, Olhos d'Água, São Timóteo, Buracão, Tamanduá, Juazeiro, Limoeiro, Riacho da Vaca, entre outros.

¹⁷³ Essa segurança socioambiental só é possível caso fiquem demonstrados não apenas o cumprimento das normas ambientais, mas também que os princípios do Direito Ambiental estejam sendo plenamente respeitados. Como exemplo, podemos citar os seguintes princípios: desenvolvimento sustentável, precaução, prevenção, informação ambiental, participação popular, poluidor-pagador, usuário-pagador, solidariedade intergeracional, entre outros.

Nesse sentido, até aqui este trabalho buscou desvendar o “estado da arte”¹⁷⁴ sobre o conhecimento que se tem dos riscos do urânio, e conjuntamente do seu produto radônio, a fim de se demonstrar que a falta de entendimento e regulação pode gerar grave risco de dano, e justificar posteriormente a necessidade de ferramentas do Direito Ambiental (neste caso, o Princípio da Precaução) como instrumento apropriado para solucionar as lacunas normativas e garantir a proteção socioambiental.

A seguir serão expostas as lacunas normativas, tanto em âmbito internacional quanto nacional, e como elas se desenvolvem em aumento de potenciais riscos para a atividade de mineração de urânio.

3.2 As lacunas no ordenamento jurídico: omissões no Direito Internacional e nacional nuclear para os riscos do radônio e mineração de urânio a céu aberto

O Direito por si só não é capaz de abarcar todas as particularidades do setor nuclear, entretanto ele pode contribuir para que sejam estabelecidos dispositivos (como normas), e concepções (como princípios) para se chegar mais próximo a esse fim, ao passo em que diante da percepção da necessidade de inovações legais, bem como o desenrolar da construção jurisprudencial, a proteção ambiental torna-se mais ampla.

Nesse sentido, apesar da amplitude de abrangência do Direito, também podemos encontrar “pontos cinzentos” – ou lacunas. Essas “lacunas” fazem parte do ordenamento jurídico. Como o intuito desse trabalho não é discutir sobre a teoria das lacunas e completude do ordenamento legal¹⁷⁵, partiremos do seguinte pressuposto para posteriormente analisarmos as lacunas do tema “urânio *in natura*”:

¹⁷⁴ Particularmente diante dos atuais avanços nos outros campos do conhecimento, como a medicina e engenharia nuclear, uma análise jurídica sobre o tema buscando bases no conhecimento multidisciplinar, com consciência das próprias limitações, apenas agrega maior entendimento dos desafios e gargalos do próprio setor. Nesse sentido, O pesquisador deve expandir sua capacidade de exploração acadêmica, buscando trabalhos de outras instituições, outros idiomas e diferentes áreas do conhecimento. Diante disso, é fundamental que haja um planejamento do seu tempo, a fim de que possa tirar maior absorver parte dessa multidisciplinariedade e possa aplicá-la de alguma forma na pesquisa. MORAES, Gabriela G. B. Lima. A experiência em Direito Ambiental. Alguns limites e desafios da pesquisa doutoral. in: MONEBHURRUN, Nitish. **Como preparar uma tese de doutorado**. Da escrita à defesa: um relato a partir da experiência dos professores. Editora Processo, 2020. P. 89-90

¹⁷⁵ Para mais detalhes sobre lacunas no ordenamento jurídico: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/159/edicao-1/lacunas-no-direito>

(...) lacunas são a ausência de normas específicas para regular determinadas condutas. São insuficiências presentes em todos os ordenamentos jurídicos. Isso, porém, não é sinônimo de incompletude. O ordenamento será completo quando, ao admitir a existência de lacunas, ele mesmo apresenta as possibilidades de solução dos problemas apresentados aos magistrados, como é o caso do ordenamento jurídico brasileiro¹⁷⁶.

Assim, temos posto que lacunas fazem parte do ordenamento jurídico, contudo não representam situações sem solução¹⁷⁷. Como se verá mais à frente, as lacunas identificadas no ordenamento, tanto nacional quanto internacional, sobre a temática da mineração do urânio fundamentarão a busca por ferramentas principiológicas do Direito Ambiental, como o Princípio da Precaução, no intuito de se alcançar o desenvolvimento sustentável da atividade.

Primeiramente serão analisadas as omissões internacionais, a saber da omissão da Agência Internacional de Energia Atômica em traçar dispositivos mais firmes para a atividade da mineração de urânio, e também como isso reflete na ausência desse tema nos tratados internacionais que regem o setor nuclear mundial. Por fim, será exposta a ausência de discussão do tema nas cortes internacionais, devido ao foco praticamente único dado ao aspecto da corrida armamentista nuclear.

3.2.1 As omissões das fontes internacionais

Modo geral, a lacuna normativa internacional quanto ao urânio em seu estado natural tem relação com o fato de que a preocupação mundial no assunto repousa no

¹⁷⁶ SALES. Tainah Simões. “As lacunas e a (in) completude do ordenamento jurídico”. Revista da Faculdade de Direito da UERJ-RFD- Rio de Janeiro, v.1, n.23, 2013. p.1

¹⁷⁷ Em complemento, o art. 140 do CPC determina que “O juiz não se exime de decidir sob a alegação de lacuna ou obscuridade do ordenamento jurídico. Parágrafo único. O juiz só decidirá por equidade nos casos previstos em lei.” Por sua vez, a Lei de Introdução às Normas do Direito Brasileiro (Decreto Lei 4657/1942) prevê que: “Art. 4º: Quando a lei for omissa, o juiz decidirá o caso de acordo com a analogia, os costumes e os princípios gerais de direito. Art. 5º: Na aplicação da lei, o juiz atenderá aos fins sociais a que ela se dirige e às exigências do bem comum.”

urânio físsil e seu uso de forma não pacífica¹⁷⁸, não sendo discutido ou verificado a etapa de exploração mineral uranífera, deixando assim, a cargo dos próprios países esse controle.

Evidentemente o controle rigoroso ao urânio físsil, U-235, é importante para garantir o uso pacífico da tecnologia nuclear. No entanto, também não se pode negligenciar a regulação do urânio mineral, U-238, uma vez que sua exploração minerária também apresenta riscos ambientais e à saúde humana altamente graves.

Assim, as fontes internacionais do Direito Nuclear foram se moldando primordialmente com base no medo global das armas atômicas, e por consequência, o arcabouço jurídico internacional para o setor volta-se bastante para o controle e fiscalização das ferramentas, materiais e técnicas a fim de que os países, ou outras organizações não estatais, não busquem utilizar essa tecnologia para fins não pacíficos.

Dessa forma, percebe-se grande abstenção da Agência Internacional de Energia Atômica em tratar sobre problemáticas da mineração do urânio, e paralelamente a ausência completa do tema em tratados e acordos internacionais. Em complemento, e como reflexo dos apontamentos acima, as questões da mineração do urânio não são tratadas em tribunais internacionais, sendo apenas recentemente a problemática da mineração uranífera da comunidade indígena estadunidense denominada Navajo aceita na Comissão Interamericana de Direitos Humanos.

Assim, tem-se em destaque a abstenção da Agência Internacional de Energia Atômica em abordar a exploração mineral uranífera em contornos jurídicos específicos (3.2.1.1), como historicamente o setor se moldou no âmbito externo com pilares legais (acordos e tratados) que sustentam o tema nuclear deixando de fora a mineração de urânio (3.2.1.2), e por fim como esse tema nunca foi objetivo de discussão em cortes internacionais (3.2.1.3).

¹⁷⁸ Podemos demonstrar com os diversos documentos legais, como: Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP); Tratado de Proibição de Armas Nucleares (TPAN); Tratado de Tlatelolco, nome convencionalmente dado para o Tratado para a Proibição de Armas Nucleares na América Latina e o Caribe; Tratado de Proibição Completa de Testes Nucleares (CTBT), o acordo bilateral entre Brasil e Argentina que criou, em 1991, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC), que tem dentre suas finalidades verificar se os materiais nucleares em todas as atividades nucleares dos dois países não sejam desviados para armas nucleares, entre outros.

3.2.1.1 A abstenção da AIEA na mineração de urânio

A Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA foi criada em 1957 em resposta aos temores presenciados e potenciais do uso bélico da energia atômica, tendo como gênese da sua criação o contexto do fim da Segunda Guerra Mundial e início da Guerra Fria, momento em que o uso bélico do poder nuclear acendeu alerta em todo o mundo.¹⁷⁹

No âmbito internacional, sobre a mineração de urânio, a AIEA tem uma postura não tão operante quanto em outros aspectos de controle, como testemunhado nas armas nucleares¹⁸⁰. Notoriamente, sua própria criação se deu no contexto do programa “*Atoms for Peace*”, o qual buscava frear a corrida armamentista atômica, bem como para conter o medo de potenciais usos bélicos dessa tecnologia, tendo em vista a tenebrosa apresentação da força nuclear em Hiroshima e Nagasaki. Ou seja, seu papel originário era controlar a proliferação de armas atômicas.

A AIEA foi criada em 1957 em resposta aos profundos temores e expectativas gerados pelas descobertas e diversos usos da tecnologia nuclear. A gênese da Agência foi o discurso “*Atoms for Peace*” do presidente dos Estados Unidos, Eisenhower, à Assembléia Geral das Nações Unidas em 8 de dezembro de 1953 [...]

A Agência foi estabelecida como a organização mundial “*Atoms for Peace*” dentro da família das Nações Unidas. Desde o início, recebeu o mandato de trabalhar com seus Estados Membros e vários parceiros em todo o mundo para promover tecnologias nucleares seguras, protegidas e pacíficas. Os objetivos da dupla missão da AIEA – promover e controlar o átomo – são definidos no Artigo II do Estatuto da AIEA¹⁸¹ (tradução nossa).

Atinente aos instrumentos de *soft law*¹⁸², reflete, ainda, no Brasil, membro da Agência Internacional de Energia Atômica desde sua criação, em 1957¹⁸³, o constante

¹⁷⁹ “*History*”. AIEA. Disponível em: <https://www.AIEA.org/about/overview/history> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁸⁰ Como exemplo, em 2010 a AIEA fez uma visita à mina de urânio em Caetité, inclusive com recomendações para controle de radônio. Apesar da Agência ter sido criada desde os anos 50, apenas em meados do ano de 2010 é que foi criada uma equipe de especialistas destinada à promoção de melhores práticas no ciclo de produção de urânio no mundo. NAÇÕES UNIDAS. Produção de Urânio no Brasil. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2010/02/1332921>. 2010. Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁸¹ Idem. Disponível em: <https://www.AIEA.org/about/overview/history> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁸² Apesar do caráter mais brando das normas de natureza “*soft law*”, destaca-se o incremento de importância desses dispositivos no âmbito do Direito Internacional, sendo considerada uma importante fonte jurídica. GREGÓRIO, Fernando da Silva. Consequências Sistêmicas da Soft Law para a Evolução do Direito Internacional e o Esforço da Regulação Global. Revista de Direito Constitucional e Internacional. Vol. 95. 2016. p. 1-11.

¹⁸³ Atualmente 175 países são membros da AIEA.

no *Handbook on Nuclear Law*, o qual lança diretrizes gerais de boas práticas e medidas julgadas como seguras e eficientes para uma melhor gestão do setor nuclear nos países. Nesse específico, entre seus elementos, destacam-se princípios gerais que devem ser observados pelos países que têm operações nucleares, estendendo-se desde a mineração dos recursos radioativos, passando pelo beneficiamento e aproveitamento para a geração de energia, e por fim o fechamento das minas, descomissionamento dos reatores e armazenamento dos materiais utilizados durante a atividade. São eles:

(i) *safety*, (ii) *security*¹⁸⁴, (iii) *responsibility*, (iv) *permission*, (v) *continuous control*, (vi) *compensation*, (vii) *sustainable development*, (viii) *compliance*, (ix) *independence*, (x) *transparency* e (xi) *international cooperation*.

Relacionando com o princípio da precaução, podemos notar que vários dos princípios apresentados no documento central do Direito Nuclear convergem aos mesmos valores, a exemplo do controle contínuo, desenvolvimento sustentável e transparência como os mais evidentes. Destaca-se que quando se fala no princípio de *safety*, o manual da AIEA faz a seguinte observação:

Numerosas leis nacionais, instrumentos internacionais, documentos regulamentares e comentários de especialistas têm enfatizado que a segurança é o principal requisito para o uso da energia nuclear e as aplicações da radiação ionizante. Nas discussões sobre segurança nuclear, uma série de princípios subsidiários foram articulados. Um desses princípios foi rotulado como "princípio de prevenção". Ele sustenta que, dado o caráter especial dos riscos do uso da energia nuclear, o objetivo principal da lei nuclear é promover o exercício de cautela e previsão, de modo a evitar danos que possam ser causados pelo uso da tecnologia e minimizar quaisquer efeitos adversos resultantes do uso indevido ou de acidentes. Um princípio complementar é o "princípio de proteção". **O objetivo fundamental de qualquer regime regulatório é equilibrar os riscos e benefícios sociais. Quando os riscos associados a uma atividade são considerados superiores aos benefícios, a prioridade deve ser dada à proteção da**

¹⁸⁴ Destaca-se a diferenciação semântica dos termos em inglês *Safety* e *Security*, importante em um contexto de análise de gestão de risco: "*Safety* costuma referir-se à segurança física de pessoas individuais, como a proteção contra crimes, acidentes ou riscos à saúde, por exemplo. Utilizamos, então, *safety* para falar de segurança no trabalho, segurança dos filhos, segurança dos veículos, etc. *Security* já se refere à segurança em um sentido mais amplo, como a segurança de um país ou de patrimônios, por exemplo. Usamos a palavra *security* para falar das medidas tomadas para proteger um grupo de pessoas, dinheiro ou bens. *Security* também pode se referir às pessoas responsáveis por manter a segurança em algum local ou, ainda, à "garantia" fornecida em um empréstimo. Portanto, tente relacionar *safety* a segurança individual e *security* a proteção genérica. Uma pessoa está *safe* quando se encontra livre de perigos, mas o seu dinheiro está *secured* em um cofre, por exemplo." MAIRO VERGARA. "Qual a diferença entre Safety e Security?". 2020. Disponível em: <https://www.mairovergara.com/qual-a-diferenca-entre-safety-e-security/> Acesso em 09 jan. 2023.

saúde pública, segurança, proteção e meio ambiente. É claro que, caso não seja possível alcançar um equilíbrio, as regras do direito nuclear devem exigir ações que favoreçam a proteção. É neste contexto que o conceito comumente chamado de "princípio de precaução" (ou seja, o conceito de prevenção de danos previsíveis) deve ser entendido. Ao aplicar estes conceitos de segurança relacionados e sobrepostos, é sempre importante voltar ao requisito fundamental de que tanto os riscos quanto os benefícios da energia nuclear sejam bem compreendidos e levados em conta com o objetivo de alcançar um equilíbrio sensato na elaboração de medidas legais ou reguladoras. Os princípios fundamentais de segurança codificados na legislação podem ser aplicados a uma grande variedade de atividades e instalações que representam tipos e níveis de risco muito diferentes. Atividades que apresentam riscos significativos à radiação obviamente exigirão medidas técnicas de segurança rigorosas e, em paralelo, disposições legais rigorosas. Atividades que representam pouco ou nenhum risco de radiação necessitarão apenas de medidas técnicas de segurança elementares, com controles legais limitados. A lei deve refletir a hierarquia de risco. (grifo nosso) (tradução nossa)¹⁸⁵

No capítulo específico sobre mineração de urânio (capítulo 8), a AIEA corrobora a noção de risco relacionando as operações minerárias uraníferas com aumento de dispersão de radônio e radionuclídeos:

O ar nas minas subterrâneas de urânio e tório e em algumas outras minas subterrâneas contém níveis elevados de radônio (um radionuclídeo gasoso), o que pode representar um risco à saúde. A exposição radiológica resultante da mineração e moagem pode ocorrer de várias maneiras, incluindo a inalação de produtos de decaimento do radônio, a inalação de poeira no ar, a exposição direta à radiação gama e a ingestão de material contaminado com radionuclídeos da operação. Além disso, os resíduos da operação de moagem (chamados rejeitos), se deixados descobertos, liberarão radionuclídeos no ar e no meio aquático. (tradução nossa)¹⁸⁶

Apesar disso, o mesmo documento (*Handbook on Nuclear Law*) não tece mais detalhes sobre a operação minerária, limitando-se a afirmar que a complexidade da atividade minerária de urânio exige regulação ampla, no sentido de que cada país que deve estabelecer suas diretrizes legais específicas tendo este manual da AIEA como um norteador principiológico:

Da exploração à reabilitação, a mineração compreende uma série de operações tecnológicas altamente complexas, muitas vezes se estendendo por várias décadas, que não podem ser adequadamente controladas sem numerosas regulamentações. Entretanto, a legislação nuclear deve ser limitada àqueles princípios gerais que são necessários para a construção da estrutura na qual tais regulamentações estão embutidas. Este manual não entra nos detalhes das regulamentações. (tradução nossa)¹⁸⁷

¹⁸⁵ AIEA. *Handbook on Nuclear Law*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003. p. 5-6

¹⁸⁶ *Ibidem*, p.83.

¹⁸⁷ *Ibidem*, p. 84.

Em verdade, a AIEA tem uma publicação de 2010 intitulada “Melhores Práticas em Gestão Ambiental de Mineração de Urânio”¹⁸⁸, que foi redigida para auxiliar seus países membros no desenvolvimento de suas atividades minerárias uraníferas. Trata-se de um documento bastante objetivo (apenas 28 páginas de conteúdo)¹⁸⁹, com indicações gerais de proteção ambiental – que por não adentrar em critérios profundos do tema, pode ser considerado infrutífero para resolver grandes gargalos dessa atividade. Na prática, o documento parece uma cartilha guia para países que queiram começar a mineração de urânio em seu território e precisam de uma direção básica operacional da atividade.

O documento inclusive apresenta o princípio da precaução como um fator principal a ser observado no desenvolvimento da atividade minerária de urânio, entretanto, como se depreende da sua leitura completa, percebe-se que o tema é voltado para proteção dos trabalhadores diretamente envolvidos na atividade, ou meio ambiente de forma genérica – ou seja, sem especificar e detalhar os riscos que estão sujeitas as populações que residem próximo a empreendimentos de extração de urânio. Trata-se, portanto, de um guia geral relevante – que é sua real finalidade, contudo com falhas de aprofundamento em questões de risco das operações da lavra do urânio.

Sobre o radônio, por exemplo, esse guia o apresenta em dois momentos: primeiramente no tópico de “Resíduos de Processamento”, em que destaca a eliminação dos rejeitos da mineração de urânio como um dos maiores desafios da operação minerária, sendo necessário buscar minimizar a liberação de radônio dos rejeitos, contudo sem especificar como fazê-lo, e posteriormente esse gás é apresentado no tópico de “Equipamentos Contaminados Radiologicamente”, em que ao tratar do descarte de equipamentos utilizados, é dito que é necessária a criação de um sistema de encapsulamento ou algum tipo de forma de conter a liberação de gás radônio no ambiente.¹⁹⁰

¹⁸⁸ Disponível em: <https://www.iaea.org/publications/8122/best-practice-in-environmental-management-of-uranium-mining> Acesso em 03 jan. 2023.

¹⁸⁹ O documento disponível no *site* da IAEA apresenta um anexo, infelizmente não disponível para consulta *online*, em que constam estudos de caso do tema de mineração de urânio.

¹⁹⁰ A AIEA também apresenta outros guias especificamente voltados ao radônio, no entanto eles tratam da problemática *indoor* ou na indústria de extração e processamento do urânio, ou seja, não adentrando no limiar das populações que residem em locais com solo rico em urânio, ou próximos a empreendimentos minerários uraníferos, restando assim a incerteza científica diante do potencial de

Destaca-se também no âmbito da AIEA, o *Fundamental Safety Principles*, da série *Safety Fundamentals*, número SF-1¹⁹¹, que igualmente elenca princípios básicos de segurança, que devem ser atendidos e internalizados pelos países membros dessa organização às suas normas de radioproteção, quais sejam: (i) *Responsibility for safety*; (ii) *Role for government*; (iii) *Leadership and management for safety*; (iv) *Justification of facilities and activities*; (v) *Optimization of protection*; (vi) *Limitation of risk to individuals*; (vii) *Protection of present and futures generations*; (viii) *Prevention of accidents*; (ix) *Emergency preparedness and response* e (x) *Protection actions to reduce existing or unregulated radiations risk*.

Além da importante participação da AIEA lançando as bases da *soft law* presente no Direito Nuclear, podemos também observar que essa organização cada vez mais terá influência no ordenamento jurídico nacional, na medida em que se percebe um estreitamento entre a Agência da ONU e os operadores do setor nuclear brasileiro com a assinatura de acordo de cooperação em Direito Nuclear entre a CNEN e a AIEA, ocorrido em abril de 2022, que dentre outras medidas, prevê a criação do primeiro curso de pós-graduação em Direito Nuclear no Brasil¹⁹²:

O objetivo é agregar profissionais que atuam na área nuclear brasileira e fomentar a ampliação, de forma significativa, da literatura jurídica no setor nuclear, seja no que diz respeito ao Direito Nuclear sob o viés regulatório, seja no que se refere à pesquisa, desenvolvimento e inovação”, destaca o Diretor (Fábio Staude do Instituto de Engenharia Nuclear – IEN/CNEN).

Ao efetivar o acordo, a AIEA comprometeu-se, entre outras coisas, a cooperar com o IEN/CNEN no desenvolvimento de módulos e materiais didáticos abrangendo os quatro ramos do Direito Nuclear: segurança nuclear, segurança física, salvaguardas e responsabilidade civil por danos nucleares. Também atuará fornecendo módulos específicos para integrar cursos já existentes; propondo palestrantes, realizando eventos sobre o assunto, além de avaliar possibilidades de bolsas de estudo e estágios.

grave risco de dano dessa situação. Como exemplo desses outros guias temos: “*Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation*”. Disponível em: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1651Web-62473672.pdf> Acesso em 03 fev. 2023. (voltado para o gás em ambientes internos – *indoor*) e “*Occupational Radiation Protection in the Uranium Mining and Processing Industry*”, disponível em: <https://www.iaea.org/publications/13401/occupational-radiation-protection-in-the-uranium-mining-and-processing-industry> Acesso em 03 fev. 2023. (voltado para os trabalhadores das minas de urânio).

¹⁹¹ AIEA. *Safety Standards for Protecting People and the Environment*. 2006. Disponível em: https://www-pub.AIEA.org/MTCD/publications/PDF/Pub1273_web.pdf Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁹² “CNEN e AIEA assinam acordo de cooperação em Direito Nuclear”. CNEN. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/ultimas-noticias/cnen-e-aiea-assinam-acordo-de-cooperacao-em-direito-nuclear> Acesso em 09 jan. 2023.

A parceria é resultado de ação sinérgica entre a AIEA, o IEN/CNEN, a Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento/CNEN e a Advocacia Geral da União; esta, através da Procuradoria Federal da CNEN.

O alinhamento representa um importante abertura para que não apenas o Brasil possa englobar princípios e diretrizes advindas da AIEA em seu ordenamento pátrio do setor, como também, fomentando um corpo jurídico cada vez mais consistente nessa área, estabelecendo a possibilidade para que também seja feito o caminho inverso, ou seja, conteúdos de bases nacionais servirem de influência para a Agência Internacional, e por conseguinte, para todo o setor nuclear mundial.

Esse movimento – entidades brasileiras poderem influenciar a AIEA e o campo nuclear global – é plenamente possível, principalmente quando se tem em mente as concepções do Direito Transnacional em que a regulação jurídica expande a matriz convencional do direito público doméstico ou do direito internacional público, incluindo de forma inovadora, novas fontes normativas¹⁹³.

Por fim, pode parecer trivial, mas um detalhe que tem correlação com o contexto que se busca demonstrar, no sentido de a AIEA não dar o destaque devido às atividades minerárias uraníferas, pode ser ilustrado com a última visita oficial do Diretor-geral da Agência e sua comitiva ao Brasil, em que foram visitadas várias instalações nucleares brasileiras, menos a lavra uranífera.

Na ocasião, em julho de 2021, Rafael Grossi (Diretor Geral da AIEA) visitou as três unidades da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN): a sede, no Rio de Janeiro, o Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE) e o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN).

Esteve ainda na Fábrica de Combustível Nuclear (FCN), unidade da Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Resende (RJ); a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, em Angra dos Reis (RJ), onde estão localizadas as usinas nucleares Angra 1, Angra 2 e o canteiro de obras de Angra 3. Foi ainda ao estaleiro em Itaguaí (RJ) onde

¹⁹³ Para mais detalhes sobre Direito Internacional, ver: ANDRADE, Priscila Pereira de. A emergência do direito transnacional ambiental. **Revista de Direito Internacional**, Brasília, v. 13, n. 3, 2016 p. 17-28; BARBOSA, Luiza Nogueira; MOSCHEN, Valesca Raizer Borges. O direito transnacional (“global law”) e a crise de paradigma do estado-centrismo: é possível conceber uma ordem jurídica transnacional? **Revista de Direito Internacional**, Brasília, v. 13, n. 3, 2016 p. 145-158.

está sendo construído o primeiro submarino brasileiro com propulsão nuclear, e na Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares (ABDAN)¹⁹⁴.

Essa falta de olhar da AIEA para as operações de mineração de urânio pode justificar porque no plano dos tratados e acordos internacionais não existe nenhum que trate especificamente sobre questões que envolvam essa atividade. Mesmo naqueles em que o tema poderia ser tratado, como no de responsabilização, os dispositivos rechaçam a mineração de urânio como situação de risco que demande aporte jurídico na seara dos acordos internacionais.

3.2.1.2 A omissão de acordos e tratados sobre o tema

Primeiramente destaca-se a classificação dos tratados de temática nuclear, para delimitar quais são relevantes para a análise e posterior crítica da omissão com relação à tratativa da mineração de urânio.

A AIEA classifica os tratados nucleares em três categorias centrais: (i) tratados sob os auspícios da AIEA; (ii) acordos dos quais a AIEA é parte; e (iii) tratados relacionados à AIEA.

Os tratados sob os auspícios da AIEA são acordos internacionais negociados e concluídos pelos Estados membros da AIEA com o apoio da Secretaria da Agência. O Diretor Geral da AIEA atua como depositário desses tratados. [...] Os acordos dos quais a AIEA é parte incluem os acordos internacionais que a AIEA concluiu por direito próprio como organização internacional com Estados individuais ou outras organizações internacionais. Esses tratados conferem direitos e obrigações à AIEA. [...] Os tratados relacionados à AIEA incluem acordos internacionais que não foram concluídos sob os auspícios da AIEA e dos quais a AIEA não é parte, mas que são relevantes para o trabalho da Agência e podem prever papéis e responsabilidades para a AIEA. Os exemplos incluem o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP), bem como tratados regionais de não proliferação¹⁹⁵.

Os principais tratados internacionais que regem o setor nuclear de forma global são: Convenção sobre Segurança Nuclear, a Convenção sobre a Proteção Física de Material Nuclear (CPPNM) e sua Emenda, bem como uma série de convenções sobre responsabilidade civil por danos nucleares, como a Convenção de Viena sobre

¹⁹⁴ “Em programação oficial no Brasil, diretor-geral da AIEA visita MCTI e unidades da CNEN”. CNEN. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/ultimas-noticias/em-programacao-oficial-no-brasil-diretor-geral-da-aiea-visita-mcti-e-unidades-da-cnen> Acesso em 09 jan. 2023.

¹⁹⁵ AIEA. Treaties. Disponível em: <https://www.AIEA.org/resources/legal/treaties> Acesso em 02 jan. 2023.

Responsabilidade Civil por Danos Nucleares, o Protocolo Conjunto Relativo à Aplicação da Convenção de Viena e da Convenção de Paris e a Convenção sobre Indenização Suplementar por Danos Nucleares¹⁹⁶.

Esses documentos jurídicos serão analisados no tocante à mineração de urânio, na busca de elementos que demonstrem a normatização para essa atividade¹⁹⁷.

Podemos partir do ponto inicial com a Convenção de Paris: diferente dos demais acordos que foram criados no âmbito da AIEA, a Convenção sobre a Responsabilidade Civil em Matéria de Energia Nuclear (Convenção de Paris)¹⁹⁸ foi criada em sede da Organização Europeia para a Cooperação Econômica (atual OCDE), restrito a países participantes desse grupo, e adotada em 1960, buscando estabelecer diretrizes básicas de responsabilidade em casos de acidentes nucleares: “Trata-se, porém, de uma convenção que lida principalmente com questões de responsabilidade e de compensação em caso de acidentes”.¹⁹⁹

Assim como a Convenção Suplementar de Bruxelas de 1963, também celebrado na OCDE, o tema da responsabilização foi central, porém sem expandir para a atividade minerária do elemento nuclear. A importância desses acordos, principalmente o de Paris, está na concepção das bases do regime de responsabilização para o setor:

A Convenção de Paris introduziu os princípios gerais da responsabilização por danos nucleares vigentes até hoje. De acordo com o art. 3º da Convenção, conforme redação atribuída pelo Protocolo de 2004, “o operador de instalação nuclear será responsável [...] por dano nuclear outro que: i) dano à própria instalação nuclear ou qualquer outra instalação nuclear, inclusive em construção, na região da instalação nuclear em questão; ii) dano a qualquer propriedade na mesma região da instalação nuclear que seja ou fosse usada em conexão com tal instalação; mediante prova de que o dano foi causado por acidente nuclear ocorrido na instalação nuclear ou envolvendo substâncias nucleares dela provenientes. [...]”. O artigo 9º dessa Convenção — também alterado pelo Protocolo de 2004 — traça algumas exceções à responsabilidade do operador da planta nuclear, no seguinte sentido: “O

¹⁹⁶ AIEA. Nuclear Liability Conventions. Disponível em: <https://www.AIEA.org/topics/nuclear-liability-conventions> Acesso em 02 jan. 2023

¹⁹⁷ Também será analisada a Convenção de Paris, que foi criada em sede da Organização Europeia para a Cooperação Econômica (atual OCDE).

¹⁹⁸ MINISTÉRIO PÚBLICO DE PORTUGAL. Convenção de Paris, disponível em: <https://www.ministeriopublico.pt/instrumento/convencao-de-31-de-janeiro-de-1963-complementar-da-convencao-de-paris-de-29-de-julho-d-0> Acesso em 02 jan. 2023

¹⁹⁹ BANDARA, Leonardo Carvalho Leite Azeredo; MARTUSCELLI, Patrícia Nabuco. A Institucionalização da Política Internacional Nuclear: entre a não proliferação de armas e a prevenção contra acidentes. Instituto de Gestão Pública e Relações Internacionais – IGEPRI. Unesp. **Brazilian Journal of International Relations**. Vol. 6. Ed. 3. 2017. P. 559.

operador não será responsável pelo dano nuclear causado por acidente diretamente decorrente de atos de conflito armado, hostilidades, guerra civil ou insurreição”. O princípio da responsabilidade exclusiva do operador é previsto pelo art. 6º da Convenção de Paris, conforme segue: “Artigo 6º . O direito à compensação por dano causado decorrente de acidente nuclear só pode ser exercido em face de operador responsável pelo dano, de acordo com o disposto nesta Convenção, ou, caso a legislação local preveja direito de ação contra o segurador ou outro garantidor financeiro que conceda a garantia referente ao Artigo 10, em face do segurador ou garantidor. [...]” (tradução livre)²⁰⁰.

Como se espera, a temática desse documento abarca apenas aspectos de acidente nuclear em sede de produção energética, desconsiderando os riscos inerentes à atividade minerária. Nesse aspecto, a crítica deve inclusive ser menos veemente, uma vez que na década de 1960 os conhecimentos científicos sobre os riscos relacionados à mineração de urânio, como a associação com a exposição ao radônio, ainda eram bastante limitados – quando se compara com o conhecimento acumulado atualmente.

Contudo, mesmo com o conhecimento atual em que se tem mapeado grande parte dos riscos da mineração do urânio, não se observa no âmbito internacional qualquer documento jurídico com viés de regulação específica para essa atividade.

Posteriormente, em 1963, foi celebrada em sede da AIEA a Convenção de Viena²⁰¹, porém não se verificam grandes alterações com relação ao de Paris. A grosso modo basicamente corroborando todos os pressupostos anteriormente postos:

Do ponto de vista teleológico, as características fundamentais da Convenção de Paris de 1960 e da Convenção de Viena de 1963 são idênticas, com fundamentação na responsabilidade exclusiva e restrita do explorador de uma instalação nuclear, a limitação da responsabilidade em quantidade e tempo, e na jurisdição dos tribunais do Estado onde esteja situada a instalação²⁰².

A Convenção que trata sobre responsabilidade civil por danos nucleares em sede da AIEA (Convenção de Viena) será abordada no item 3.4.6 deste trabalho (“A não inclusão da mineração nuclear na responsabilização”), pois encontra-se integralizado mediante o Decreto Nº 911/1993, que promulga a Convenção e Lei Nº

²⁰⁰ ARAGÃO, Alexandre Santos de. A Responsabilidade Civil e Ambiental em Atividades Nucleares. Revista de Direito Administrativo – RDA. 2016. Rio de Janeiro, V. 271. P. 71-72.

²⁰¹ Ratificado pelo Brasil em 1992 e promulgado pelo Decreto nº 911/1993.

²⁰² WINTER, Luís Alexandre Carta; BOTELHO, Marinho Martins. Energia Nuclear e desenvolvimento: o papel institucional da AIEA. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=869a7463ba2ba841> Acesso em 02 jan. 2023, p. 10-11.

6.453/1977 que já disciplinava sobre a responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com atividades nucleares no Brasil.

Importante destacar que o acidente ocorrido em 1986 na usina de *Chernobyl* foi bastante relevante na abordagem de responsabilização em acidentes nucleares:

Após o acidente de Chernobyl, uma segunda geração de tratados internacionais começou a ser discutida. São exemplos a adoção, em 1988, do Protocolo conjunto entre as Convenções de Paris e Viena; o Protocolo de 1997 para emendar a Convenção de Viena sobre responsabilidade civil por danos nucleares; e a Convenção da AIEA sobre Compensação Suplementar por danos nucleares, também de 1997. Em 2004, foi editado o Protocolo para emendar a Convenção de Paris e o Protocolo para emendar a Convenção de Bruxelas.²⁰³

No entanto, a “segunda geração de tratados internacionais” foca em acidentes nucleares em sede de reatores, e por decorrência ainda restando a lacuna da tratativa dos riscos relacionados à mineração do elemento radioativo

Como se vê, as Convenções no âmbito do setor nuclear mundial limitaram a gestão de riscos na seara dos acidentes ocorridos em usinas, sem adentrar nos riscos da mineração do urânio²⁰⁴.

Em complemento, na publicação lançada pela AIEA “*Nuclear Law - The Global Debate*”²⁰⁵, no contexto da primeira conferência internacional sobre Direito Nuclear ocorrida em abril de 2022 em Viena, são apresentados debates de variados temas do setor, no entanto, a questão da mineração do urânio é abordada de maneira bastante tímida, a ponto de sequer compor algum trecho de destaque nos artigos, mas sim, apenas inserções, meramente a título informativo ou complementar, nos textos. É como se ela fosse desconsiderada pelos pesquisadores do setor. Isso acaba sendo um reflexo da própria abordagem institucional da AIEA, que pouco trata essa questão – comparando com outros temas, como armamento nuclear e acidentes em usinas.

Em complemento, destaca-se que o Brasil, além de já ter indicado e condicionado seu uso pacífico para a tecnologia nuclear em nível constitucional (art. 21, XXIII, “a”), ratificado e internalizado o Tratado de Não-Proliferação de Armas

²⁰³ op.cit., ARAGÃO, 2016. p. 71.

²⁰⁴ Outra Convenção que se destaca é a Convenção sobre a Proteção Física de Material Nuclear (CPPNM), que entrou em vigor em 1987, e sua Emenda de 2005, visando a proteção do material nuclear estocado e em transporte. Porém, como as outras, não aborda de forma direta os riscos da mineração do urânio.

²⁰⁵ A publicação está disponível para *download* no seguinte link: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-6265-495-2#toc>

Nucleares (Decreto nº 2.864/1998), assinado o Tratado de Tlatelolco (nome convencionalmente dado para o Tratado para a Proibição de Armas Nucleares na América Latina e o Caribe) é parte de diversos outros acordos bilaterais com variados países, como Alemanha, EUA, França, Reino Unido²⁰⁶ e vizinhos da América Latina, como Argentina, México, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela.²⁰⁷

Ou seja, mesmo que a ameaça de uso não pacífico da tecnologia nuclear seja ínfima no Brasil²⁰⁸, o país faz questão de participar ativamente da agenda global de desarmamento nuclear, sem olhar, no entanto, para os riscos internos referentes aos problemas socioambientais da sua atividade de mineração de urânio.

Por fim, pontua-se que no âmbito internacional o urânio empobrecido tem mais relevância para os debates político-jurídicos que o elemento *in natura*. Como já foi dito (item 1.1), o urânio se divide em três categorias: natural, enriquecido e empobrecido. Essa divisão é importante de ser destacada, pois como os dois últimos tipos são usados (ou potencialmente possíveis de serem usados) em conflitos bélicos, a atenção internacional se volta apenas para eles – mais uma vez deixando o urânio *in natura* a cargo da plena regulação interna dos países. Como exemplo, A Assembleia-Geral da ONU abordou o tema do urânio empobrecido pela primeira vez em 2007 e em seguida várias das suas resoluções e relatórios do Secretário-Geral abordam sobre os efeitos do uso de armamentos e munições contendo esse elemento²⁰⁹.

Em que pese o tema não ser matéria de tratados e acordos internacionais, é importante observarmos se alguma demanda já foi levada a alguma corte internacional. Apesar de apresentar graves riscos de dano, apenas recentemente,

²⁰⁶ Acordos bilaterais de cooperação nuclear do Brasil com potências estrangeiras (Atualização: Outubro 2015). Disponível em: <https://bricspolicycenter.org/download/8026/> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁰⁷ Acordos bilaterais de cooperação nuclear do Brasil com a América Latina (Atualização: Outubro 2015). Disponível em: <https://bricspolicycenter.org/download/8028/> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁰⁸ Atualmente não há alguma ameaça em evidência ao Brasil no contexto geopolítico que justifique sua autoproteção por meio de armas atômicas, conforme contornos teóricos de Kenneth Waltz: Em “*Why Iran Should Get the Bomb - Nuclear Balancing Would Mean Stability*” Kenneth Waltz vê o desenvolvimento de bombas nucleares por outros países como uma forma de aumentar a distribuição de poder militar, e assim consequentemente trazer maior estabilidade política internacional. WALTZ, Kenneth. *Why Iran Should Get the Bomb – Nuclear Balancing Would Mean Stability*. 2012. Disponível em: <https://www.acsu.buffalo.edu/~fczagare/PSC%20504/Waltz.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁰⁹ Como exemplo: Resoluções da Assembleia Geral: A/RES/77/49 (2022); A/RES/75/42 (2020); A/RES/73/38 (2018); A/RES/71/70 (2016); A/RES/69/57 (2014); A/RES/67/36 (2012); A/RES/65/55 (2010); A/RES/63/54 (2008); A/RES/62/30 (2007). UNITED NATIONS. *Depleted Uranium*. Disponível em: <https://www.un.org/disarmament/convarms/depleted-uranium/> Acesso em 09 jan. 2023.

meados de 2021, que um caso envolvendo a mineração de urânio foi recebido na Corte Interamericana de Direitos Humanos.

3.2.1.3 A ausência de discussão em cortes internacionais

Na esfera internacional há de se destacar a relevância das cortes internacionais na criação de jurisprudência e pacificando entendimentos e princípios, ao conectarem casos concretos com o ordenamento, principalmente no tema de responsabilização, em que vários tratados internacionais têm concepções distintas sobre.

Devido as variadas cortes internacionais criadas, e de acordo com suas respectivas competências, inicialmente precisamos definir quais seriam as mais propícias a receberem algum caso referente à temática de mineração de urânio. Podemos perceber que os tribunais mais aptos a julgar algum caso que envolva a temática de mineração de urânio seria a Corte Internacional de Justiça ou alguma outra voltada especificamente para Direitos Humanos:

A CJI retém sua importância sobretudo para o contencioso interestatal. Para as vítimas de violações dos direitos humanos, os tribunais internacionais mais importantes são os de direitos humanos, e para os familiares dos vitimados por atos de genocídio, crimes contra a humanidade e crimes de guerra, os tribunais internacionais mais importantes são os penais internacionais. Para os tripulantes de navios detidos, o tribunal internacional mais importante é o do direito do mar, em Hamburgo. Cada um dos tribunais internacionais contemporâneos tem sua importância, no domínio respectivo de sua atuação.²¹⁰

A multiplicidade, e conseqüente expansão da jurisdição internacional, dos tribunais internacionais é um fenômeno dos tempos modernos.²¹¹ Especificamente à temática do direito ambiental internacional, é nítido o grau de relevância que os princípios ambientais têm tomado, entretanto, nem sempre a discussão avança em sede da CIJ:

A relevância dos princípios de direito é notória na evolução, nas últimas décadas, do direito ambiental internacional. No tocante à CIJ, por exemplo, em meu extenso Voto Arrazoado no caso das “Papeleras” no Rio Uruguai (Sentença de 20.4.2010, Argentina *versus* Uruguai), muito lamentei que a

²¹⁰ TRINDADE, Antônio Augusto Cançado. Os Tribunais Internacionais Contemporâneos. Brasília: FUNAG, 2013. Disponível em: <https://funag.gov.br/loja/download/1018-tribunais-internacionais-contemporaneos.pdf> p. 106-107.

²¹¹ *Ibidem*, p. 45.

Corte não tivesse considerado necessário dispensar atenção aos princípios gerais do direito ambiental internacional. Antes de me referir a estes últimos, iniciei meu Voto com um exame da consagração dos princípios gerais de direito como fonte formal do direito internacional (pars. 17-47), assim reconhecidos na própria jurisprudência da CIJ (pars. 20-25), e ademais como indicadores do *status conscientiae* da comunidade internacional (pars. 207-217). Dediquei – distintamente da Corte – especial atenção precisamente aos princípios do direito ambiental internacional, em particular os princípios da prevenção e da precaução (pars. 52-113), e enfatizei ademais a dimensão axiológica dos *prima principia* (pars. 201-206).²¹²

Nesse sentido, da importância que o tema ambiental foi tomando no âmbito do Direito Internacional, a CIJ criou uma Câmara específica para tratar dessa matéria em 1993. Entretanto, devido à falta de demanda de casos, houve sua destituição em 2006.²¹³

Em sede da CIJ, tal qual no âmbito da IAEA e dos acordos internacionais, a temática paira sobre uso de armas atômicas, como no parecer consultivo sobre “legalidade da ameaça ou uso de armas nucleares” (*Legality of the Threat or Use of Nuclear Weapons*)²¹⁴ em que, de forma breve, a Corte afirmou que apesar de não haver documentos jurídicos que impedissem de forma objetiva a posse, ameaça ou uso de armas atômicas, dever-se-ia considerar o incremento de normas e documentos no contexto do Direito Internacional, os quais visavam de alguma forma restringir, regular ou desencorajar o uso e proliferação desse tipo de armamento²¹⁵.

²¹² Ibidem, p. 79-80.

²¹³ As motivações pela não atuação e destituição dessa Câmara podem ser: “[...] a falta de utilização da Câmara de Assuntos Ambientais decorre da conveniência, pelos Estados partes, de se utilizar o procedimento comum com juízes ad hoc para cada caso específico. E a destituição da Câmara deriva desta preferência dos Estados partes, ao mesmo tempo em que comprova a mudança do interesse político dentro da Corte em relação ao meio ambiente, que agora é incorporado como parte do Direito Internacional, mas não necessita mais de tratamento especial ou é colocado no auge dos tópicos essenciais, uma modificação significativa do Direito do Meio Ambiente no contexto do cenário internacional.” SCHOLZ, Mariana Caroline. *A Corte Internacional de Justiça e o Direito do Meio Ambiente no Cenário Internacional: uma análise da criação e destituição da Câmara de assuntos ambientais*. 2014.

²¹⁴ INTERNATIONAL COURT OF JUSTICE. “*Legality of the Threat or Use of Nuclear Weapons*”. Disponível em: <https://www.icj-cij.org/en/case/95> Acesso em 07 fev. 2023.

²¹⁵ Veja mais detalhes em: LIMA, Lucas Carlos. Da Relevância dos Casos do Desarmamento Nuclear Perante a Corte Internacional de Justiça. *Revista de Direito Internacional*, Brasília, v. 14, n. 3, 2017 p. 202-215. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/rdi/article/view/5000/pdf> Acesso em 09 jan. 2023, e JUNIOR, Talis Prado Pinto; GIANNATTASIO, Arthur Roberto Capella. O Direito Internacional Humanitário nos Pareceres Consultivos da Corte Internacional de Justiça: uma Conjugação de Perspectivas Utópicas e Apologéticas. *Revista de Direito Internacional*, Brasília, v. 18, n. 2, p. 155-169, 2021.

Em outras palavras, a ameaça ou o uso de armas nucleares, na visão da CIJ, não é proibido pelo direito consuetudinário e convencional, entretanto, ao se observar os princípios do Direito Internacional, principalmente aqueles ligados à defesa humanitária, a Corte afirma que dificilmente seria aceitável o uso ou ameaça desse tipo de arma. A “posição indecisa”, ou ao menos escapatória da CIJ também se observa em outro caso de temática nuclear, em que a responsabilização foi objeto central da discussão, no entanto, a Corte não entrou no mérito da questão e perdeu a oportunidade de construção de um importante precedente de um tema tão polêmico no Direito Internacional, como é o instituto da responsabilização.

Trata-se do caso em que a Austrália e a Nova Zelândia demandaram na CIJ contra a França para que esta parasse com testes atmosféricos nucleares na região da Polinésia Francesa, no Pacífico Sul. A Corte decidiu liminarmente que a França parasse com os testes nucleares. Ato contínuo, o país apesar de rejeitar a jurisdição da CIJ, manteve-se revel e emitiu um comunicado unilateral de que cessaria os testes de forma definitiva. Dessa forma, a Corte tomou o anúncio como suficiente para o atendimento do pleito e encerrou o processo, mesmo as partes contrárias questionando a segurança jurídica em considerar o ato declaratório com efeitos equivalentes a uma decisão da Corte.²¹⁶

Além disso, o fato de a CIJ²¹⁷ ter se esquivado da decisão, fez com que a França não fosse considerada responsável por toda a radiação ionizante e rejeitos radioativos despejados na região do Atol de Mururoa, enfraquecendo o tema de responsabilização nuclear no âmbito do Direito Internacional Ambiental:

Uma consequência prática da decisão da Corte foi o não reconhecimento, por meio de decisão final, da responsabilidade internacional da França, o que reforça a fragilidade do tema no direito internacional ambiental. Além disso, perdeu-se a oportunidade de endosso do princípio da precaução à responsabilidade do Estado. Isso se daria pela própria configuração da

²¹⁶ LIMA, Gabriela G.B; SCUDELER, Mateo. “A Responsabilidade Internacional Ambiental na Corte Internacional de Justiça: a Proteção Ambiental Transfronteiriça como Diligência Devida”. Revista Internacional de Direito Ambiental – Vol IV, nº 11 – maio/agosto. 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/37078908/A_responsabilidade_internacional_ambiental_na_Corte_Internacional_de_Justi%C3%A7a_a_prote%C3%A7%C3%A3o_ambiental_transfronteiri%C3%A7a_co_mo_dilig%C3%A7%C3%A3o_devida?email_work_card=title Acesso em 03 out. /2022.

²¹⁷ Pontua-se que no voto do juiz Weeramantry houve citação de oportunidade de discussão da aplicação do princípio da precaução no caso, em sede da CIJ, no entanto, desperdiçado. CIJ. *Request for an examination of the situation in accordance with paragraph 63 of the court's judgment of 20 december 1974 In the nuclear tests (New Zealand v. France) case*. Disponível em: <https://www.icj-cij.org/en/case/97> Acesso em 08 jan. 2023. P.84.

responsabilidade para com a diligência de cessar as atividades como medidas nacionais exigidas em prol do cumprimento da prevenção, precaução ambiental transfronteiriça²¹⁸.

Mais recentemente, em 2016, a Corte também foi palco de discussão sobre “obrigações referentes a negociações para a cessação da corrida por armas nucleares e para o desarmamento nuclear” (*Obligations concerning Negotiations relating to Cessation of the Nuclear Arms Race and to Nuclear Disarmament – Ilhas Marshall vs. Reino Unido*)²¹⁹. Neste caso também não houve decisão de mérito, inclusive os motivos que levaram a Corte a não adentrarem na questão levantam críticas de parte de estudiosos do ramo do Direito Internacional²²⁰, corroborando a postura de evitar julgamentos de temas polêmicos pela Corte.²²¹

Percebe-se assim que, se em questões de temática nuclear, em cujos elementos fáticos estão presentes grandes riscos, como nos testes atômicos, ou em casos de ameaça ou uso de armas atômicas, a CIJ não demonstrou uma postura atuante, comprovadas pelas decisões sem entrar no mérito. Assim, não se espera que os riscos da mineração do urânio, apesar de também serem relevantes, porém relativamente menores (tanto no risco em si, quanto em países que desempenham essa atividade atualmente) sejam vislumbrados como tema de discussão da Corte²²².

Com relação a tribunais de Direitos Humanos, pontua-se que a despeito de alguns países africanos, principalmente ex-colônias francesas fornecerem grande parte do urânio mineral para a Europa Ocidental²²³, especialmente à França, e esses empreendimentos apresentarem uma série de problemas socioambientais, tais como

²¹⁸ LIMA; SCUDELER, op. cit., p.144

²¹⁹ INTERNATIONAL COURT OF JUSTICE. “*Obligations concerning Negotiations relating to Cessation of the Nuclear Arms Race and to Nuclear Disarmament (Marshall Islands v. United Kingdom)*”. Disponível em: <https://www.icj-cij.org/en/case/160> Acesso em 07 fev. 2023.

²²⁰ Críticas aprofundadas sobre esse caso podem ser encontradas por exemplo no trabalho de BARRETO, Rafael Zelesco. “Quando um não sabe, dois não litigam? O caso das Ilhas Marshall contra os Estados detentores de armas nucleares.” Revista da Faculdade de Direito da UFMG, Belo Horizonte, n.73, p.605-637, jul-dez. 2018.

²²¹ Ibidem, p. 606.

²²² Em buscas por “urânio” (*uranium*) ou “mineração de urânio” (*uranium mining*) não foi encontrado nenhum julgado na CIJ diferentemente relacionado à atividade minerária, mas sim com relação a aspectos de uso militar. Quando se busca por “nuclear” também são apresentados diversos casos majoritariamente relacionados ao uso de armas nucleares. ICJ. Document Search. Disponível em: <https://www.icj-cij.org/en/advanced-search> Acesso em 27 dez. 2022.

²²³ CUNHA. Daniel de Oliveira. Segurança, Desenvolvimento e o Sistema Africano de Direitos Humanos. Dissertação de Mestrado do curso de Direito da Universidade de São Paulo. 2018. p. 140.

degradação do meio ambiente, péssimas condições de trabalho, corrupção, entre outros²²⁴, o tema ainda não foi levado à Corte Africana de Direitos Humanos e dos Povos²²⁵.

Com relação à Corte Europeia de Direitos Humanos, a relação de causalidade em que o nexos causal entre a demanda alegando prejuízo ou o dano e a atividade nuclear não costuma ser reconhecida pelo Tribunal. Os pedidos baseados no risco de exposição à radiação foram rejeitados²²⁶.

Apenas recentemente (março/2021) um caso envolvendo o tema da mineração de urânio foi aceito na Comissão da Corte Interamericana de Direitos Humanos – CIDH. Na petição foi destacado que:

Esta petição alega múltiplas violações da Declaração Americana devido a uma licença concedida pela Comissão Reguladora Nuclear dos Estados Unidos ("NRC") à Hydro Resources, Inc. ("HRI") para conduzir a extração de urânio nas comunidades Navajo de Crownpoint e Church Rock, localizadas no noroeste do Novo México. Church Rock e Crownpoint são comunidades que compreendem principalmente povos Navajo (Diné) e estão localizadas dentro dos limites da Nação Navajo.

De acordo com os peticionários, em 1998 o NRC concedeu ao HRI uma licença de fonte e de materiais derivados para conduzir a extração de urânio através da utilização de tecnologia de lixiviação in situ (doravante ISL mining). [...]

os peticionários alegam que a Nação Navajo no Novo México tem geralmente sofrido consequências adversas de anteriores operações de extração de urânio. A este respeito, os peticionários afirmam que a Nação Navajo acolhe 520 sítios de minas de urânio abandonadas e três sítios de moinhos de urânio que contaminaram dezenas de milhões de galões de águas subterrâneas e inúmeros acres de terra. Segundo os peticionários, estes sítios são também a causa de doenças significativas e de morte em comunidades indígenas próximas; e que a exposição ao urânio e aos seus produtos em decomposição causa uma série de efeitos adversos para a saúde, o que inclui doenças renais, defeitos congênitos e câncer. [...]²²⁷ (tradução nossa).

²²⁴ "Issues at Operating Uranium Mines and Mills – Africa". WISE URANIUM. 2022. Disponível em: <https://www.wise-uranium.org/umopafr.html> Acesso em 09 jan. 2023.

²²⁵ *African Court Cases*, buscador de casos: <https://www.african-court.org/cpmt/>

²²⁶ Como exemplo o caso *Balmer-Schafroth and others vs. Switzerland* em que "A questão perante o Tribunal era se os riscos de morar perto de uma usina nuclear [...] O Tribunal considerou-o inaplicável, uma vez que o resultado do processo em causa não era diretamente decisivo para o direito invocado pelos requerentes. Os requerentes não conseguiram demonstrar que estavam expostos a um perigo específico, iminente e grave." (tradução nossa). Disponível em: <https://www.informea.org/en/court-decision/balmer-schafroth-and-others-vswitzerland> Acesso em 06 fev. 2023. Ver também: VARELLA, Marcelo Dias. A Crescente Complexidade do Sistema Jurídico Internacional – Alguns Problemas de Coerência Sistêmica. Revista de Informação Legislativa. Brasília, a. 42. N. 167. Jul/set. 2005.

²²⁷ Report nº 67/21, Petition 654-11. Disponível em: <https://www.oas.org/en/iachr/decisions/2021/USAD654-11EN.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

Entretanto, destaca-se que os EUA são resistentes em reconhecer o alcance das decisões da CIDH, o que nos leva a acreditar que a demanda da comunidade Navajo por violações de direitos humanos na mineração de urânio nos EUA não irá gerar efeitos concretos no plano reparatório ou compensatório²²⁸.

Nesse sentido, se internacionalmente não enxergamos a temática sendo tratada de forma suficiente nos tratados e acordos, na AIEA, e pouco nas cortes internacionais – apenas recentemente houve peticionamento na Comissão da CIDH – resta saber se internamente o Brasil criou mecanismos próprios para um setor nuclear com viés de desenvolvimento sustentável.

O que se observa, no entanto, é que no plano interno a legislação nacional além de desconsiderar a extensão do perigo de dano da mineração de urânio, na medida em que não o trata de forma direta, também não considera o duplo risco do urânio, ou seja, se subdividindo na toxicidade desse próprio elemento e na liberação do gás radônio.

Como se verá a seguir, o estado atual de uma legislação bastante deficiente voltada a qualidade do ar no país compõe um elemento nítido do risco de exposição ao gás radioativo radônio. Além disso, pontua-se como muito relevante a exclusão da atividade de mineração de urânio nos institutos de responsabilização das normas domésticas e as omissões de entidades responsáveis pelo controle e regulação do setor nuclear brasileiro, como a CNEN e ANSN, no aspecto de gestão de riscos inerentes à lavra do urânio.

3.2.2 As lacunas no âmbito nacional

O Direito Nuclear no Brasil ainda é muito embrionário. O fato do país ter apenas dois reatores nucleares em operação, e a mineração de urânio, que ficou suspensa entre 2015 e 2020, e que até então era de exclusividade de execução por estatais,

²²⁸ Sobre o não reconhecimento da CIDH pelos EUA, ver: MAIA, Marrielle; MACIEL, Débora Alves; KOERNER, Andrei (org.). Os Estados Unidos e a Comissão Interamericana de Direitos Humanos: denúncias, Interações, mobilizações. Brasília: FUNAG, 2017.

bem como o Brasil não ter presenciado outro acidente²²⁹ além do Césio-137 em Goiânia são fatores que contribuíram para uma regulação sem constantes inovações, quando se compara com outros setores, como o de Petróleo e Gás, por exemplo, em que o dinamismo de abertura para iniciativa privada, incremento de modelos de contratação, distinção entre regimes de exploração e própria demanda crescente da matéria-prima, fizeram com que o setor estivesse constantemente sendo inovado, seja por vias ordinárias de processo legal, ou mesmo por respostas via demanda judicial²³⁰.

Nesse sentido, percebe-se que a normativa nacional posta para o setor nuclear como um todo, em especial à mineração de urânio, carece de requisitos que possam resultar em um setor com plena segurança jurídica e ambiental. Mesmo com recentes inovações, como a criação da ANSN, no plano prático, nota-se que por enquanto não houve grandes mudanças legais na atividade da lavra uranífera.

Para avaliar as lacunas internas, serão analisados trechos constitucionais, leis específicas que trazem elementos importantes para o setor, como a responsabilização, e normativos da CNEN que tratam especificamente sobre a radiação e licenciamento de operações de urânio natural.

Inicialmente, podemos reforçar a normativa a nível constitucional que trata do tema nuclear no Brasil. Nessa seara, a CF/88 foca em quatro pontos elementares:

- 1) A condicionante para o uso pacífico dessa tecnologia (art. 21, XXIII, “a”);
- 2) O estabelecimento do monopólio, o qual ao longo do tempo vem sendo flexibilizado (art. 21, XXIII e art. 177, V);
- 3) As competências, a saber privativa da União para legislar sobre o tema (art. 22, XXVI) e exclusiva do Congresso Nacional para aprovar iniciativas do Poder Executivo da temática nuclear (art. 49, XIV); e por fim,
- 4) A responsabilidade objetiva (art. 21, XXIII, “d”)²³¹.

²²⁹ Segundo Stephen Burns: “pode-se dizer que a lei nuclear é mais reativa em seu desenvolvimento do que antecipatória no estabelecimento de sua estrutura. Pode-se dizer que tal caracterização decorre de uma variedade de razões - a extensão da vontade política e da previsão no estabelecimento da estrutura, a descoberta tecnológica e a inovação ultrapassando o desenvolvimento de normas legais, e o impacto de eventos significativos sobre a estrutura legal.” BURNS, Stephen. *Milestones in Nuclear Law: A Journey in Nuclear Regulation*. In: **Nuclear Law – The Global Debate**. Asser Press. Vienna. 2022, p.60.

²³⁰ ANP. “Sistema de Legislação”. Disponível em: Sistema de Legislação da ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (atosoficiais.com.br). Acesso em 21/11/2022.

²³¹ Além desses aspectos, a Constituição Federal estabelece que as usinas nucleares deverão ter sua localização definida em lei federal. (art. 225, § 6º)

Percebe-se que a Constituição traçou as linhas para o ordenamento do setor de forma a estabelecer critérios bem definidos: uso pacífico, monopólio estatal, competência federal legislativa e responsabilidade objetiva. São essas as “configurações base” em que o setor nuclear no Brasil deve ser exercido. O foco a partir de agora é analisar como as leis infraconstitucionais, combinadas com as constitucionais, tratam a temática da mineração de urânio e a radiação natural (neste caso, que provém do decaimento do urânio, o radônio).

A pesquisa revela que assim como internacionalmente, o ordenamento jurídico doméstico apresenta sérias lacunas com relação à tratativa da mineração do urânio, como: a não abordagem da mineração do urânio na lei base do setor (3.2.2.1), a inovação legal para o setor, porém também sem trazer maior foco para essa atividade (3.2.2.2), as normas da CNEN que são omissas com relação à atividade minerária (3.2.2.3), assim como o CONAMA no que tange ao controle do ar, e do radônio (3.2.2.4), o licenciamento, que apesar de ser duplo, ainda não garante a segurança socioambiental adequada para a mineração de urânio (3.2.2.5), e a não inclusão do tema nas leis internas de responsabilização (3.2.2.6).

3.2.2.1 A não abordagem da mineração do urânio na lei base do setor

A “lei base” para o setor nuclear no Brasil é a Lei nº 4.118/1962, que “dispõe sobre a política nacional de energia nuclear, cria a CNEN, e dá outras providências”. Essa lei reafirma o monopólio da União (art. 1º) e traz algumas definições importantes, inclusive advindas da recente Lei nº 14.514/2022, *in verbis*:

Art. 2º Para fins do disposto nesta Lei, consideram-se:

I - elemento nuclear: elemento químico que possa ser utilizado na liberação de energia em reatores nucleares ou que possa dar origem a elementos químicos que possam ser utilizados para esse fim;

II - mineral nuclear: mineral que contenha em sua composição um ou mais elementos nucleares;

III - minério nuclear: concentração natural de mineral nuclear na qual o elemento ou os elementos nucleares ocorrem em proporção e condições que permitam a sua exploração econômica;

IV - urânio enriquecido nos isótopos 235 ou 233: o urânio que contém o isótopo 235 ou o isótopo 233, ou ambos, em quantidade em que a razão entre a soma das quantidades desses isótopos e a do isótopo 238 seja superior à

razão entre a quantidade do isótopo 235 e a do isótopo 238 existente no urânio natural;

V - material nuclear: material que contenha elemento nuclear e que seja produto de transformação do concentrado de minério nuclear;

VI - material fértil:

a) o urânio natural;

b) o urânio cujo teor em isótopo 235 seja inferior ao que se encontra na natureza;

c) o tório;

d) quaisquer dos materiais de que tratam as alíneas “a”, “b” e “c” sob a forma de metal, liga, composto químico ou concentrado;

e) qualquer outro material que contenha um ou mais dos materiais de que tratam as alíneas “a”, “b” e “c” deste inciso em concentração que venha a ser estabelecida pela entidade competente; e

f) qualquer outro material que venha a ser considerado como material fértil pela entidade competente;

Vê-se que o U-238 pode se enquadrar como “elemento nuclear”, “mineral nuclear”, “minério nuclear”, “material nuclear” e “material fértil”. Esses conceitos não são excludentes, podendo ser inclusive redundantes. Essas conceituações são importantes, a medida em que a falta de coerência semântica, principalmente em uma atividade complexa, pode ser um entrave jurídico – como se verá mais adiante.

Contudo, a “lei base” do regime nuclear brasileiro, apesar de trazer essa pluralidade conceitual, no que tange ao urânio mineral, não vai mais além disso. Assim, nota-se que a pedra angular normativa do setor dá pouco enfoque para a atividade da lavra uranífera, o que pode se tornar um problema jurídico a medida em que outras leis do setor, que têm esta como base, não encontrarão elementos suficientes para estabelecer um regramento coeso, no que tange à lavra do urânio.

3.2.2.2 A inovação legal insuficiente para o setor mineral nuclear

Dando um salto temporal, e indo para a Lei nº 14.222/2021, que por criar a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear é considerada uma das maiores inovações para o setor no país, temos que a novidade se deu no sentido de atrair determinadas competências de licenciamento e autorização, os quais estavam a cargo da CNEN. Essa mudança buscou encerrar o conflito de interesses existente na CNEN, que ao mesmo tempo promovia e fiscalizava as atividades nucleares no país.

Originalmente a ANSN teria atribuição de monitorar, regular e fiscalizar os minérios e jazidas considerados nucleares, em função da concentração e da quantidade de minérios, e a viabilidade econômica de sua exploração e fiscalizar o reconhecimento e o levantamento geológicos relacionados a minerais nucleares (art. 6º, VI, “c”, “e” e VIII), contudo, essas atribuições foram revogadas e passaram a ser da Agência Nacional de Mineração, por meio Lei nº 14.514/2022 deixando a Lei de criação da ANM (Lei nº 13.575/2017) com o seguinte dispositivo:

Art. 2º A ANM, no exercício de suas competências, observará e implementará as orientações e diretrizes fixadas no Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), em legislação correlata e nas políticas estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia, e terá como finalidade promover a gestão dos recursos minerais da União, bem como a regulação e a fiscalização das atividades para o aproveitamento dos recursos minerais no País, competindo-lhe:

XXXVIII - regular, normatizar, autorizar, controlar e fiscalizar as atividades de pesquisa e lavra de minérios nucleares no País, exceto em relação às questões de segurança nuclear e proteção radiológica, observado o disposto no art. 6º da Lei nº 14.222, de 15 de outubro de 2021

Dessa forma, a atividade uranífera, mesmo compondo a base de todo o setor nuclear, no aspecto da regulação das lavras, está a cargo da ANM, em aspectos que não envolvam questões estritamente nucleares.

No que diz respeito ao urânio mineral, a Lei que criou a ANSN estabelece que compete à Autoridade “editar normas e conceder licenças e autorizações para a transferência e o comércio interno e externo de minerais, de minérios e de seus concentrados e escórias metalúrgicas, com urânio ou tório associados” (art. 6º, III); “avaliar a segurança, fiscalizar e expedir, conforme o caso, licenças, autorizações, aprovações e certificações para gestão de resíduos sólidos radioativos” (art. 6º, V, “e”) e nos demais trechos, a preocupação se volta para infrações (como de comercializar material nuclear derivado de urânio em quantidade diferente da autorizada, “art. 13, XIII” e deixar de comunicar à ANSN e ANM de ocorrência de urânio na pesquisa ou lavras, “art. 13, XIX”), e vastamente no Anexo II da Lei nº 14.222/2021, que trata da “taxa de licenciamento, controle e fiscalização de materiais nucleares”.

Percebe-se assim que a normativa base do setor (Lei nº 4.118/1962) e uma das principais inovações legais na seara nuclear no Brasil (Lei nº 14.222/2021) não consideram claramente o elemento mineral urânio como um agente criador de riscos ambientais.

3.2.2.3 A omissão das normas da CNEN

Sobre os requisitos de segurança e proteção radiológica na indústria nuclear, a CNEN tem uma série de resoluções que buscam regular o setor. As mais relevantes para a atividade de lavra uranífera são: Norma NN 3.01 (Resolução 164/14)²³², a qual apresenta as Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, e a Norma NE 1.13 (Portaria 03/89)²³³, que trata do Licenciamento de Minas e Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e/ou Tório e a Norma NN 4.01 (resolução 208/16)²³⁴ que trata dos requisitos de segurança e proteção radiológica para instalações mineiro-industriais.

A primeira, NN 3.01, estabelece os requisitos básicos de proteção à exposição da radiação ionizantes – a qual, como vimos em anteriormente (item 2.2.1) é a mais prejudicial, que pode levar ao surgimento de câncer, e é a emitida pelo radônio, que provém do decaimento natural do urânio.

Um detalhe dessa norma, e que será relevante para quando tratamos da responsabilização é que quando ela apresenta a definição de dose, o cálculo é feito com o tempo de 50 anos para adultos e até 70 anos em crianças, caso não seja especificado o tempo de outra forma (item 3.16 da referida norma). Isso caracteriza o caráter crônico associado à radiação e demonstra como ela pode demorar muito tempo para gerar efeitos nos organismos.

Essa norma apresenta uma tabela base de Limites de Doses Anuais (item 5.4.2.1 da norma), demonstrando inclusive a diferenciação entre os valores para pessoas que trabalham na indústria nuclear (incluindo aqui a mineração de urânio²³⁵)

²³² CNEN. “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”. 2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf> Acesso em 02/10/2022.

²³³ Idem. “Licenciamento de Minas e Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e/ou Tório”. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-1/grupo1-nrm113.pdf> Acesso em 02/10/2022.

²³⁴ Idem. “Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Instalações Mineiro-Industriais”. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-4/grupo4-nrm401.pdf> Acesso em 02/10/2022.

²³⁵ Destaca-se também a NR 22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração do MTE que estabelece algumas diretrizes básicas de radioproteção suplementares e corroborantes às estabelecidas pela CNEN

e pessoas que não exercem função nesse setor. Importante destacar também que a dose varia conforme área do corpo irradiada.

Figura 14: Limites de Doses Anuais da Norma NN 3.01

Limites de Dose Anuais ^[a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv ^[b]	1 mSv ^[c]
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv ^[b] <i>(Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)</i>	15 mSv
	Pele ^[d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	---

Fonte: CNEN, Norma NN 3.01

[a] Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

[b] Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano. (Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)

[c] Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.

[d] Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada. Os valores de dose efetiva se aplicam à soma das doses efetivas, causadas por exposições externas, com as doses efetivas comprometidas (integradas em 50 anos para adultos e até a idade de 70 anos para crianças), causadas por incorporações ocorridas no mesmo ano.

5.4.2.2 Para mulheres grávidas ocupacionalmente expostas, suas tarefas devem ser controladas de maneira que seja improvável que, a partir da notificação da gravidez, o feto receba dose efetiva superior a 1 mSv durante o resto do período de gestação.

5.4.2.3 Indivíduos com idade inferior a 18 anos não podem estar sujeitos a exposições ocupacionais.

Observa-se que há uma grande discrepância entre os níveis toleráveis para o público em geral e os trabalhadores da indústria nuclear. Isso demonstra a importância de medidas mitigadoras de prevenção para os trabalhadores expostos, bem como a necessidade de atenção para o grande público que vive em locais próximos a grandes

fontes emissoras de radiação natural, como população limítrofe a empreendimentos uraníferos ou que vivem em locais com solo rico em urânio, uma vez que é esperado maior vulnerabilidade por estarem mais expostos que pessoas que não moram nessas assim tão próximas das fontes emissoras radioativas.

A crítica que se faz, em outras palavras, é que apesar do “indivíduo público” ser um termo geral designado para pessoas que não trabalham diretamente com elementos emissores de radiação, não se pode conceber que na prática uma pessoa que resida em uma região rica em urânio ou vizinha a uma mina desse elemento esteja recebendo o mesmo nível de radiação que uma outra pessoa que more em locais com menos presença de urânio no solo, ou longes de lavras uraníferas. Dessa forma, ao não se estabelecer critérios específicos de “populações mais vulneráveis” com relação à radiação, a CNEN desconsidera a majorante de riscos sobre essas comunidades.

Assim, a dúvida de grave risco de dano associado a pesquisas científicas que levantem fortes indícios que fundamentam a possibilidade do risco nas populações vizinhas pode compor os elementos do princípio da precaução. Além disso, conforme os anexos I e II deste trabalho, é possível observar que em alguns anos já foram detectadas medições acima dos limites permitidos pela legislação nacional (CNEN e CONAMA), na medida em que, mesmo não se tratando de um descumprimento legal perene, acende alerta para a possibilidade de risco de dano nas comunidades vizinhas ao empreendimento uranífero em Caetité.

Sobre o licenciamento nuclear²³⁶, a Norma NE 1.13 apresenta as disposições gerais para a concessão de licenças e autorizações de minas de urânio²³⁷, como o “percurso” de licenciamento:

- 4.1 O processo geral de licenciamento de uma mina e/ou usina envolve, necessariamente, a solicitação pelo requerente, e a emissão, pela CNEN, dos seguintes atos:
 - a) Aprovação do Local (para abertura e lavra da mina e/ou construção da usina);

²³⁶ Paralelamente, referente ao licenciamento ambiental, temos posto que as bases legais desse procedimento estão expressas principalmente na Lei nº 6.938/1981, Resoluções CONAMA nº 001/86 e 237/97 e Lei Complementar nº 140/2011 e Decreto nº 8.437/2015. Na Resolução CONAMA nº 237/97, art. 4º, IV, determina que compete ao IBAMA licenciar empreendimentos e atividades com significado impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, a saber: [...] destinados a pesquisar, lavar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN”.

²³⁷ Lembrando que com a chegada da ANSN, essa função deixará de ser da CNEN e será atribuição da Autoridade em conjunto com a ANM.

- b) Licença de Construção (total ou parcial);
- c) Autorização para Utilização de Material Nuclear;
- d) Autorização para Operação Inicial; e
- e) Autorização para Operação Permanente.

Interessante observar que a CNEN impõe um vasto relatório, denominado “Relatório do Local” (item 5 da norma), que se subdivide em 7 seções de obrigatoriedade de levantamento de informações da localidade onde será a lavra uranífera. Essas informações são referentes a estudos profundos dos seguintes elementos: geografia, demografia, geologia, sismologia, hidrologia, meteorologia e ecologia.

Um destaque é que o ponto 6.1.4, que trata da “proteção do meio ambiente”, em que estabelece as seguintes obrigatoriedades, atinentes à população e meio ambiente em volta do empreendimento:

- a) procedimentos para a prevenção e controle de descargas de efluentes radioativos e não radioativos;
- b) plano de monitoração radiológica ambiental; e
- c) avaliação dos prováveis impactos decorrentes das atividades da instalação sobre o meio ambiente e, subseqüentemente, sobre a saúde e segurança dos indivíduos do público.

Especialmente com relação ao último ponto, avaliação dos prováveis impactos sobre o meio ambiente e saúde dos indivíduos do público, percebe-se o sentido de precaução estipulado da CNEN, e que, como será visto posteriormente, comporá a ferramenta essencial para o equilíbrio socioambiental da atividade de lavra do urânio.

Com relação à norma NN 4.01, destaca-se que ela impõe a necessidade de monitoramento ambiental existente na localidade, bem como a identificação das prováveis vias de exposição radioativa ao indivíduo do público, ou seja, não limita aos operários da mina, bem como o impacto ambiental:

Art. 11 Ao dar início ao processo de requerimento de Autorização para a Posse, Uso e Armazenamento de Minérios, Matérias-Primas e Demais Materiais Contendo Radionuclídeos das Séries Naturais do Urânio e/ou Tório para a instalação mínero-industrial, o Titular deve apresentar à CNEN um Programa Preliminar de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO), tomando por base a Norma CNEN NN 3.01 Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, abrangendo os seguintes aspectos:

- I - caracterização dos níveis de radioatividade existentes, abrangendo as áreas de potencial impacto e as que servirão de controle na fase operacional;
- e

II - identificação das possíveis vias de exposição e estimativa de parâmetros relevantes para a avaliação da dose efetiva do indivíduo do público e do impacto ambiental. Parágrafo único. As instalações que estejam em operação quando da publicação desta Norma estão isentas da apresentação do PMRA-PO.

Outro destaque bem relevante é que, a única citação ao radônio (Rn-222) nas normas da CNEN analisadas é encontrada na NN 4.01, no capítulo VII (Das Medidas Mitigadoras ou Ações de Remediação) porém restringindo a análise desse elemento em minas subterrâneas ou em galpões de armazenamento de materiais radioativos, bem como estipulando um valor máximo conforme recomendação da OMS, para situações laborais (1.000 Bq/m^3)²³⁸:

Art. 15 A CNEN pode determinar a implementação de medidas mitigadoras ou de ações de remediação, nos seguintes casos:

I - quando o incremento das doses para indivíduos do grupo crítico excederem $0,3 \text{ mSv}$ por ano, devido a liberação de efluentes (líquidos ou aerotransportados), a drenagens resultantes de rebaixamento de aquíferos ou a desvios de cursos d'água;

II - quando áreas externas à instalação apresentarem contaminação radioativa proveniente de resíduos ou rejeitos da instalação;

III - quando aquíferos apresentarem contaminação radioativa por emissões líquidas provenientes da instalação que impliquem em incrementos de dose para indivíduos do grupo crítico superiores a $0,3 \text{ mSv}$ por ano; ou

IV - quando os níveis de Rn-222 em locais de trabalho em minas subterrâneas e em galpões de armazenamento de materiais radioativos forem superiores a 1.000 Bq/m^3 , considerando um fator de equilíbrio igual a $0,4$.

Dessa maneira, apesar de serem bastante abrangentes e tecnicamente muito ricas, as normas da CNEN, no entanto, apresentam uma importante lacuna: praticamente desconsideram a questão do radônio. Ou seja, o urânio nessas normativas é visto como elemento único, concentrando em si todo o risco da toxicologia e radiação.

Essa falta de tratativa aprofundada do radônio é preocupante, pois além da CNEN ser o órgão que desde os primórdios do desenvolvimento nuclear no Brasil vem estabelecendo diretrizes básicas de proteção do setor no país, os efeitos carcinogênicos desse gás são comprovadamente bastante graves, e o risco de grave

²³⁸ "The Global Health Observatory." WHO. Disponível em: <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/5618> Acesso em: 14 nov. 2022.

dano às populações que vivem próximas de solos ricos em urânio, ou vizinhas a lavras uraníferas são reais.

3.2.2.4 A omissão do CONAMA e a falta de regulação da qualidade do ar como incremento do risco

Quando se aborda os riscos associados ao urânio é inevitável invocarmos o gás radônio, pois como já fora dito, este é produto natural do decaimento do urânio, é altamente carcinogênico e responsável por mais da metade da radiação natural recebida pelas pessoas em geral. Dessa forma, ao se tratar do radônio, também é preciso se destacar a política de controle do ar, uma vez que se já há comprovação científica dos efeitos deletérios desse gás, resta ao poder público estabelecer mecanismos e limites para a prevenção e mitigação de danos e tutela dos direitos difusos²³⁹.

Além de uma compreensão geral sobre a lacuna na regulação da poluição e controle do ar no Brasil (A), sobre esse aspecto, considerou-se relevante uma breve exposição sobre o controle do risco do radônio em ambiente fechado no direito comparado (B) e uma crítica à falta de participação popular na regulação do risco e controle do ar com base no exemplo de Santa Quitéria (C).

A) A lacuna na regulação da poluição e controle do ar no Brasil

Não há regulação brasileira relacionada aos riscos do gás radônio em ambiente aberto no Brasil, tema inerente ao controle da poluição do ar. Inicialmente destaca-se que a poluição atmosférica é um problema bastante relevante, sendo responsável por

²³⁹ Direitos Difusos “são aqueles que possuem natureza indivisível e dizem respeito a uma massa indeterminada de pessoas, que não podem ser individualizadas. Por exemplo, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado é um direito tipicamente difuso, porque afeta um número incalculável de pessoas, que não estão ligadas entre si por qualquer relação jurídica pré-estabelecida.” CNMP. Direitos Difusos. Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/institucional/476-glossario/8124-direitos-difusos> Acesso em 06 jan. 2023.

graves danos à saúde humana²⁴⁰. Estima-se que apenas no Brasil, cerca de 51 mil pessoas morrem anualmente em decorrência direta da poluição atmosférica. Os impactos acarretam em doenças pulmonares, cardiovasculares, acidentes vasculares cerebrais, mortes prematuras entre outros.²⁴¹

A qualidade do ar compõe uma das matrizes de poluentes em que a população está exposta, sendo seu controle crucial para mitigar danos à saúde. “A OMS passou a sugerir padrões de qualidade do ar transnacionais em 1987 e globais em 2005, e tem desenvolvido estudos e relatórios de apoio a gestores públicos interessados em melhor entender e controlar os níveis de poluição em suas regiões.”²⁴²

Como se observa, apenas recentemente a regulação da poluição atmosférica foi tomando contornos mais imperativos e concretos. No Brasil ainda se vê bastante atraso com relação a esse controle²⁴³ e sobre a fragilidade da regulação da qualidade do ar no país, o WRI Brasil expõe que²⁴⁴:

O Brasil possui uma série de leis e normas que estabelecem a gestão da qualidade do ar e o controle da poluição, mas grande parte da base normativa que dá sustentação ao Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (Pronar) é infralegal, pois consta apenas em resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Isso representa uma relevante fragilidade para a criação de uma política nacional de controle de poluição do ar que seja robusta, integrada e transparente e, também, para a segurança jurídica a quem a lei é dirigida (emissores).

²⁴⁰ “A poluição do ar é considerada a maior causa ambiental de doenças e mortes prematuras no mundo. Segundo levantamento da OMS (2016), mais de 90% da população mundial não respira ar de qualidade aceitável e está exposta a riscos diários, resultando em cerca de 11,6% de todas as mortes contabilizadas no mundo, o equivalente a 7 milhões de mortes anuais, das quais 600 mil são crianças. Esses números são 15 vezes maiores que o número de mortes causadas por guerras e outras formas de violência” SANT’ANNA, André. *Et al.* O Estado da Qualidade do Ar no Brasil. **WRI Brasil**. Working Paper. 2021. p. 4. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/wri-o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil.pdf> Acesso em 05 jan. 2023

²⁴¹ Ibidem, p.13.

²⁴² Ibidem, p. 3.

²⁴³ Sem entrar muito na história da regulação atmosférica no Brasil, podemos destacar como “um marco na discussão nacional sobre os reais impactos da poluição do ar foi o caso da repercussão global do município de Cubatão, no estado de São Paulo, nos anos 1980, considerado o mais poluído do mundo pela revista Popular *Science*. Entre os impactos, foram comprovados a chuva ácida e os danos à fauna e flora (Cetesb, 2018). Esse evento transformou Cubatão em um alerta de como a má gestão da poluição pode trazer impactos profundos para uma região”. Ibidem, p.15.

²⁴⁴ Ibidem. p.2.

Em que pese essa dispersão se dar no âmbito infralegal, o art. 225 da CF/88 ampara a defesa da qualidade do ar na medida em que traz a proteção constitucional do meio ambiente como direito fundamental indispensável à sadia qualidade de vida²⁴⁵.

O Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR) foi estabelecido pela Resolução Conama nº 5/1989 e tem como objetivo ser, conforme preâmbulo dessa resolução:

[...] Um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do País de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas a:

- a) uma melhoria na qualidade do ar;
- b) o atendimento aos padrões estabelecidos;
- c) o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas.

Contudo, operacionalmente observa-se que o PRONAR²⁴⁶, apesar de ser parte fundamental da política nacional de qualidade do ar, tem fragilidade jurídica (estabelecido apenas pela resolução do CONAMA nº 5/1989), e apresenta falhas importantes de efetividade, como “dificuldades de atualização periódica dos padrões

²⁴⁵ Além disso, importante frisar que mesmo que se alegue que os danos do radônio não se enquadram tecnicamente no quesito “poluente”, indubitavelmente seu controle entra na seara de “qualidade do ar”, uma vez que sua maior concentração no ar acarreta em sérios danos à saúde humana.

²⁴⁶ Como exemplo da atuação do PRONAR: “O primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR, foi a resolução do Conama de nº 03, de 28 de junho de 1990, que estabeleceu os novos padrões nacionais de qualidade do ar em substituição aos fixados pela Portaria Minter nº 231/76. Além de estender o número de parâmetros regulamentados de quatro para sete (partículas totais, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio e ozônio troposférico), foi introduzida na legislação a figura dos padrões secundários de qualidade do ar, mais restritivos que os primários, constituindo-se seu atendimento em meta de longo prazo.” No entanto, “Os Programas Estaduais de Controle de Poluição do Ar (resolução Conama nº 08/1990) não foram desenvolvidos e implementados conforme esperado. Houve a capacitação laboratorial de 17 Estados brasileiros [...] estes estados, embora tenham assinado termo de cessão de uso dos equipamentos e terem se comprometido a enviar os relatórios de qualidade do ar, não o fizeram. Entre os motivos alegados, estão a falta de capacitação técnica necessária para o uso dos equipamentos, apesar dos treinamentos realizados no âmbito do Programa Nacional de Controle de Poluição Industrial — PRONACOP — direcionados para o uso dos equipamentos recebidos do PRONAR. Este fato, aliado a outros de natureza gerencial do programa, inviabilizou que fossem atingidas as metas de médio prazo, como a implementação da rede nacional de monitoramento da qualidade do ar e a produção do inventário nacional de fontes e emissões. Infelizmente, as metas estabelecidas na resolução Conama nº 05, de 15 de junho de 1989, na sua grande maioria, não foram atingidas. Atualmente, o IBAMA, planeja retomar o referido Programa.” AMBIENTE BRASIL. Pronar – Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/urbano/programas_e_projetos/pronar_-_programa_nacional_de_controle_de_qualidade_do_ar.html Acesso em 05 jan. 2023.

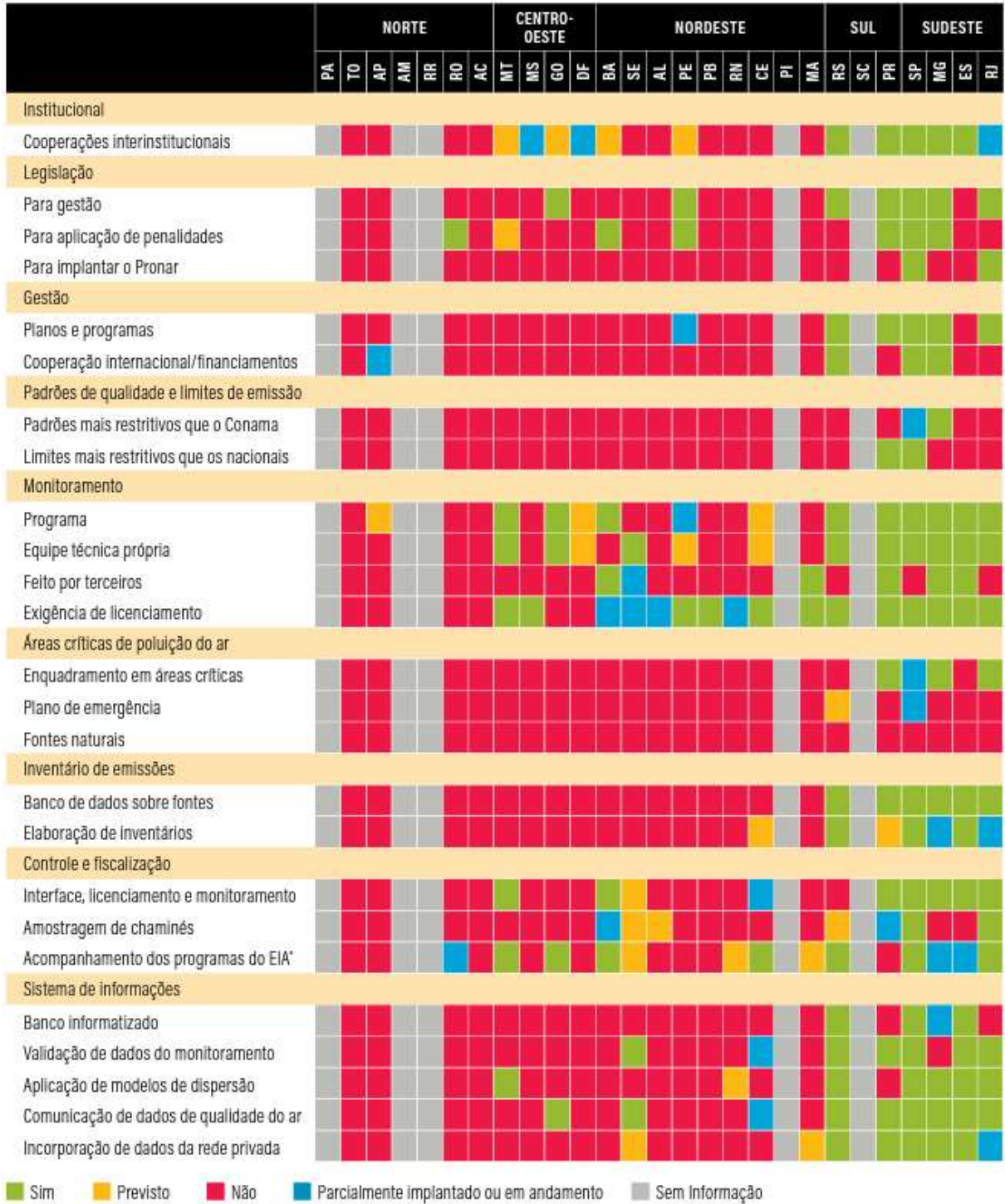
nacionais de qualidade do ar, as carências financeiras e de recursos humanos para a sustentação de uma rede nacional de monitoramento e a ausência de um abrangente inventário nacional de emissões.”²⁴⁷

Tendo em vista a distribuição de competências em relação à qualidade do ar²⁴⁸, em que os entes estaduais desempenham importante função nessa seara, notamos que na última atualização oficial do Ministério do Meio Ambiente sobre a implementação das ferramentas de gestão da qualidade do ar, realizada em 2009, havia bastante desfalque de controle e gestão dos riscos oriundos dos elementos atmosféricos. A seguir transcreve-se na íntegra o resumo do levantamento:

²⁴⁷ Ibidem, p. 16

²⁴⁸ BIM, Eduardo Fortunato; FARIAS, Talden. Competência Ambiental Legislativa Administrativa. RIL. Brasília a. 52, n. 208. 2015. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/517705/001055894.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 09 jan. 2023. p. 220

Figura 15: Estágio de implementação de ferramentas de gestão de qualidade do ar no Brasil



Fonte: WRI, 2021. p. 19.

Observa-se assim o atraso, principalmente das regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste na estipulação de uma política de qualidade do ar. Nesse sentido, vislumbra-

se a condição de lacuna regulatória não apenas para o radônio em específico, mas também para a condição atmosférica como um todo.

Dessa maneira, vê-se que o princípio da precaução é a ferramenta mais indicada para suprir o imperativo de garantia constitucional do meio ambiente sadio (conforme art. 225 da CF/88), uma vez que a presença de altos níveis de radônio representa uma grave ameaça de dano, porém ainda não se conhece cientificamente a extensão do impacto de dano nas áreas limítrofes aos empreendimentos de minas de urânio. Nesse sentido, temos posto que:

Quando se desconhece cientificamente sobre os reais impactos de uma ação, e não há uma norma jurídica ambiental específica delimitando qual é o limite entre degradação e poluição que teria sido descumprido, o princípio da precaução será o norte para a busca de técnicas de análise de risco de dano²⁴⁹.

O Projeto de Lei nº 10.521/18²⁵⁰ visa resolver parte desse problema apresentado. Esse projeto busca instituir a Política Nacional de Qualidade do Ar e criar o Sistema Nacional de Informações de Qualidade do Ar. Apesar de estipular no art. 2º, I e IV, e art. 3º, I e III pressupostos e condicionantes de defesa da saúde humana e mitigação de riscos, não há qualquer menção em específico ao radônio ou elementos radioativos²⁵¹:

Art. 2º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

I – padrão de qualidade do ar: instrumento de gestão da qualidade do ar determinado como o valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para proteger o meio ambiente e a saúde da população de danos causados pela poluição atmosférica;

[...]

IV – poluente atmosférico: qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que torne ou possa tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público,

²⁴⁹ MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). **A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional**. Campinas, SP: Pontes Editores. 2019. p. 21

²⁵⁰ CÂMARA DOS DEPUTADOS. Projeto de Lei nº 10.521/18. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1674345&filename=PL%2010521/2018 Acesso em 05 jan. 2023.

²⁵¹ Contudo ressalta-se que o art. 9º é bastante inovador e com características intrínsecas ao Princípio da Precaução ao estabelecer que: “Os padrões de qualidade do ar devem ser aplicados como referencial para proteger o meio ambiente e a saúde da população de danos causados pela poluição atmosférica. Parágrafo único. Com vistas a indicar os verdadeiros riscos à saúde pública, os padrões de qualidade do ar devem ser estabelecidos em regulamentos permanentemente atualizados, acompanhando o estado da arte e o progresso dos estudos científicos.”

danoso aos materiais, à fauna ou à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Recentemente (06 jul. 2022), a Comissão de Constituição e Justiça (CCJ) da Câmara dos Deputados aprovou esse projeto de lei, inclusive com um cronograma estipulado para implementação de mudanças relevantes no controle da qualidade do ar no Brasil²⁵²:

De início, deverá haver um inventário nacional de emissões atmosféricas, a ser elaborado num prazo máximo de quatro anos. O inventário deverá conter, entre outros pontos, fontes de emissões atmosférica, poluentes inventariados, e distribuição geográfica das emissões por regiões definidas pelo órgão ambiental competente, considerando as principais fontes de emissão.

Depois, o Ministério do Meio Ambiente deverá elaborar o Plano Nacional de Qualidade do Ar, com vigência por prazo indeterminado, tendo como base um horizonte de 20 anos à frente, com atualização a cada quatro anos. Este plano deve conter um diagnóstico, incluída a identificação das principais fontes de emissões atmosféricas e seus impactos para o meio ambiente e a saúde; a proposição de cenários; e metas e prazos para a execução dos programas, projetos e ações visando ao atingimento dos padrões de qualidade do ar.

O Sistema Nacional de Gestão da Qualidade do Ar (MonitorAr), criado em 2021, deverá divulgar, inclusive em tempo real, dados das estações de monitoramento da qualidade do ar. Os estados e o Distrito Federal usarão o Índice de Qualidade do Ar (IQAR), cuja metodologia caberá ao Ministério do Meio Ambiente.

A questão do radônio, apesar de estar estritamente ligada à seara ambiental e nuclear, uma vez que ele provém do decaimento do urânio e sua radiação é que tem o potencial de causar alterações biológicas que podem levar ao câncer, está a cargo da Organização Mundial da Saúde (OMS). É essa organização internacional que estipulou os parâmetros de limites desse gás, bem como faz o acompanhamento dos países que estão adotando medidas regulatórias internas para prevenção.

Na tabela de “Planos de ação e regulamentos nacionais de radônio por país” disponibilizada pela OMS, podemos ver que a organização estabelece alguns níveis de ação a serem alcançados²⁵³:

- 1) Mapa nacional identificando as concentrações de radônio;
- 2) Existência de plano de ação nacional para o controle desse gás;

²⁵² CÂMARA DOS DEPUTADOS. CCJ aprova criação de Política Nacional de Qualidade do Ar. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/894915-ccj-aprova-criacao-de-politica-nacional-de-qualidade-do-ar> Acesso em 05 jan. 2023.

²⁵³ “Global Health Observatory Data Repository”. WHO. Disponível em: <https://apps.who.int/gho/data/view.main.RADON02v> Acesso em 09 jan. 2023.

- 3) Existência de regulamentos nacionais que considerem esse elemento, subdividindo em regulamentos para Moradias, Edifícios Públicos e Locais de Trabalho;
- 4) Existência de regulação de radônio para construção de novos edifícios;
- 5) Existência de regulação de radônio para modificações de edifícios já existentes; e
- 6) Presença de regulamentação do radônio no ordenamento jurídico sobre as águas.

O que se nota é que o gás radônio em ambientes abertos não é regulado no Brasil e isto pode compor um aumento de risco devido a maior exposição a este gás em regiões ricas em urânio ou que tenham exploração do mineral uranífero em sua proximidade. Em complemento, uma falta de política de controle desse gás mesmo em ambientes fechados também é um relevante ponto de risco. Nessas situações (ambientes fechados/internos – *indoor*), a exposição ao radônio não se limita a regiões com solo rico ou próximos a extração de urânio, contudo, como se verá em pesquisas levantadas, a concentração de urânio no local pode ter forte interferência direta na concentração desse gás em ambientes *indoor*.

A seguir, como forma de demonstrar a preocupação de alguns países no controle desse gás radioativo, serão apresentadas brevemente como eles tratam o controle do gás radônio em ambientes internos.

B) Uma breve explanação sobre o controle do risco do radônio em ambiente fechado no direito comparado

Em outros países o controle do radônio é focado para ambientes internos. Órgãos reguladores estabelecem parâmetros e mapas de controle de incidência do gás a fim de alertar a sociedade e adotar medidas preventivas de exposição da população à radiação provinda desse gás. Como exemplo, apresentaremos alguns casos, inclusive de países com grandes reservas uraníferas.

Na Austrália, a principal autoridade para controle desse elemento é a *Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency* – ARPANSA. Dentre suas atividades,

essa agência elabora um mapa interativo²⁵⁴ com valores constantemente atualizados das medições da concentração de radônio no país, além de estimular que os cidadãos façam frequentemente medições em suas casas e concentrar um arcabouço técnico de pesquisas e aparelhos relacionados a esse elemento radioativo²⁵⁵.

Nos EUA, o mapa de risco à exposição ao radônio foi criado pela *Environmental Protection Agency* (EPA) em conjunto com a *United States Geological Survey* (USGS) em 1993, dividindo as medições em três zonas: “Zona 1: valores maiores do que 4pCi/L; Zona 2: valores entre 2 a 4 pCi/L; e Zona 3: valores inferiores a 2 pCi/L (1 pCi/L equivale a 37 Bq/m³)”.²⁵⁶

No Canadá, o mapa de risco do radônio foi produzido em 2011, seguindo critérios semelhantes com os adotados pelos EUA. Além disso, a autoridade de saúde do país acompanha a incidência desse gás na vida dos seus cidadãos:

Em 2012, o Ministério da Saúde canadense publicou um relatório onde por meio de 13.807 dados válidos de residências distribuídas por todo país; o estudo, de 2 anos, constatou que 6,9% da população canadense vive em residências com valores acima de 200 Bq/m³ (valor de referência para intervenção). Ainda destaca que provavelmente 16% das mortes de câncer de pulmão no país estejam relacionadas a exposição ao Radônio.²⁵⁷

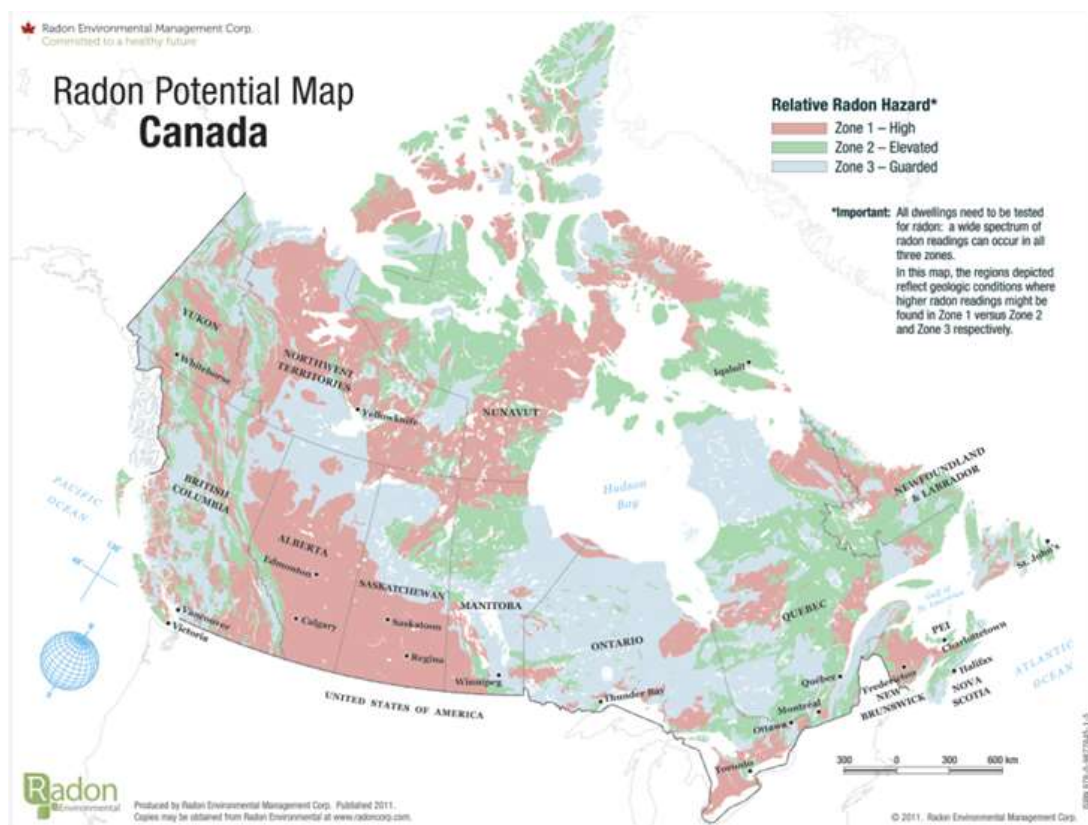
²⁵⁴ ARPANSA. *Radon Map of Australia*. Disponível em: <https://www.arpana.gov.au/understanding-radiation/radiation-sources/more-radiation-sources/radon-map> Acesso em 07 jan. 2023.

²⁵⁵ ALBUQUERQUE, Bruno César Dias de. Radioatividade natural: instrumentos legais e normativos no Brasil e interações do radônio outdoor com variáveis micrometeorológicas no planalto da Borborema. Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, associação ampla em Rede, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2022. p. 20.

²⁵⁶ Ibidem, p. 20

²⁵⁷ Ibidem, p. 20

Figura 16: Exemplo de mapa de potencial de risco do radônio no Canadá:



Fonte: <https://canadiando.com/wp-content/uploads/2019/11/RadonPotentialCanadaOverlay.pdf>
Acesso em 03 jan. 2023

No Cazaquistão, apesar de ser o país com as maiores reservas e maior produtor de urânio no mundo, não há um programa de controle de radônio estabelecido, nem conta com ferramentas como mapas de risco de exposição a esse gás, como visto nos países acima.

Esse país é o maior expoente mundial na produção de urânio (o país detém 12% dos recursos mundiais de urânio, em 2009 tornou-se o maior produtor mundial de urânio, com quase 28% da produção mundial, e em 2019, o Cazaquistão produziu 43% do urânio do mundo)²⁵⁸. Assim, infere-se que o solo desse país apresenta, pelo menos em geral, maior concentração de urânio (consequentemente maior potencial

²⁵⁸ “Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan”. WNA Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx> Acesso em 02/12/2022.

de liberação de radônio) que outros países²⁵⁹. Dessa maneira, é importante ver como os riscos desse gás são postos no Cazaquistão.

Uma pesquisa²⁶⁰ apontou a preocupante correlação direta entre a maior incidência de câncer nas regiões com maior concentração de radônio no país, Norte e Leste, e onde há maior presença de mineração de urânio e fontes naturais de radiação:

Os altos níveis de radônio são observados nas áreas Norte e Leste do Cazaquistão devido às fontes naturais de radiação e à mineração de urânio em larga escala e a longo prazo. Os efeitos genotóxicos do radônio na população do Cazaquistão são mal compreendidos, apesar do fato de muitas regiões do país conterem os altos níveis de radônio. Estudos elucidativos do risco potencial à saúde entre a população exposta ao radônio e o efeito genotóxico do radônio no Cazaquistão são muito limitados ou nunca foram abordados em algumas áreas.

(...)

Há áreas no Cazaquistão com uma série de fatores que levam a uma radioatividade natural e humana elevada, incluindo numerosos locais com radioatividade natural anormalmente elevada, depósitos de urânio, bem como a atividade a longo prazo de minas de urânio e empresas de mineração de outros minerais associados à mineralização do urânio. Portanto, torna-se claro que as populações humanas expostas devem ser monitoradas para avaliação de risco e prevenção de doenças. Como este tópico é muito relevante para a República do Cazaquistão, é necessário realizar estudos em larga escala sobre o risco de câncer de pulmão induzido por radônio na população que vive em áreas com altos níveis de radônio.

(...)

As aldeias (do leste e norte) onde há uma alta atividade de radônio (...). Curiosamente, é na parte leste e norte do país que há um aumento (até 1,5 vezes ou mais) das taxas de câncer, o que torna possível assumir uma correlação entre os níveis de radônio e a incidência de câncer

O mesmo trabalho também apresenta uma informação bastante intrigante sobre a incidência do tipo de câncer em geral no Cazaquistão, sendo o de pulmão, apontado pela OMS como consequência direta de exposição ao gás radônio em níveis excessivos, majoritário – inclusive em região do país com maior concentração do radônio:

²⁵⁹ Em complemento: o Cazaquistão fornece cerca de 40% do abastecimento mundial de urânio. O país exporta cerca de metade de seu urânio para a China; o restante vai para Europa, Canadá e Estados Unidos. As exportações desse país atendem a cerca de 20% da demanda anual de urânio na Europa e cerca de 22% nos Estados Unidos. Disponível em: <https://www.caspianpolicy.org/research/security-and-politics-program-spp/uranium-production-in-kazakhstan-remains-unaffected-by-unrest> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁶⁰ BERSIMBAEV, R.I.; BULGAKOVA, O. *The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan.. Genes and Environ* 37, 18 (2015). Disponível em: <https://genesenvironment.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41021-015-0019-3#citeas> Acesso em 02 dez. 2022. p. 1-11.

Entre os cânceres humanos no Cazaquistão, o câncer de pulmão está em primeiro lugar, o que representa 11,4% do número de pacientes com câncer, enquanto na estrutura de morbidade entre os homens que lideram posições são ocupados pelo tumor da traqueia, brônquios e pulmão (20,4%) (observações não publicadas). Durante o período de 2002 a 2011 foram registrados 37.241 pacientes com câncer de pulmão na República do Cazaquistão. Entre os pacientes com câncer de pulmão havia 30 554 homens (82,0%) e 6687 mulheres (18,0%) e a proporção era de 4,6: 1,0. **No Cazaquistão do Norte, há uma maior frequência de câncer em comparação com as outras regiões do país.**²⁶¹ (grifo nosso)

No tocante ao Brasil, o país está em desfalque em todas essas diretrizes estipuladas como planos de ação da OMS, contudo apresenta a ressalva de haver “diretrizes recomendadas”. De fato, em 2016 o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) lançou a versão traduzida²⁶² do “*Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*” produzido pela OMS em 2009²⁶³. Todavia, percebe-se que até o presente momento não se observam políticas públicas ou normativos que busquem de fato controlar a concentração desse gás, principalmente em regiões ricas em urânio e em que repousa a incerteza científica sobre os riscos, ao tempo em que paira o potencial de grave dano ambiental – caso tais riscos sejam comprovados futuramente.

Sobre esse aspecto, no final de junho de 2022, pesquisadores da Unicamp encabeçaram o monitoramento do radônio em Poços de Caldas, cidade com perfil geológico rico em urânio, e que tem uma mina uranífera desativada²⁶⁴.

Ainda sobre a regulação da qualidade do ar no Brasil, a Resolução nº 491/2018 do CONAMA, que trata dos padrões de qualidade do ar, mesmo apontando em seu preâmbulo que tem como referência os valores guias de qualidade do ar

²⁶¹ Ibidem, p. 1-11.

²⁶² Manual da OMS sobre Radônio em Ambientes Internos: uma perspectiva de saúde pública. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44149/9788567870038-por.pdf?sequence=11> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁶³ WHO. Handbook on indoor radon: a public health perspective. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547673> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁶⁴ “Um dispositivo que registra a radiação do radônio será instalado no interior de algumas residências e a população responderá a questionários sobre a percepção do problema. (...) Um dos métodos mais confiáveis e menos onerosos para avaliar a presença de radônio em ambientes fechados consiste na utilização de um ‘dosímetro passivo de gás radônio’, uma pequena placa feita de um polímero especial sensível à radiação emitida pelo gás. Ao incidir no material, a radiação deixa um ‘traço nuclear’. O dosímetro é mantido no interior de ambientes por um período de 3 a 12 meses, no qual é exposto ao radônio que circula no ar. No âmbito do projeto, os dosímetros serão instalados em julho, onde permanecerão por seis meses em salas e residências. Ao fim desse período, as placas serão analisadas em equipamentos de microscopia. O resultado permitirá quantificar a concentração média do radônio”. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2022/06/28/pesquisadores-irao-monitorar-gas-radioativo-na-unicamp-e-em-pocos-de-caldas> Acesso em 30 nov. 2022.

recomendados pela OMS, em momento algum estipula controles para o radônio. O que se percebe dessa normativa é que a qualidade do ar é avaliada em critérios de poluição e contaminantes tóxicos, e não radiológicos como o radônio – a norma traz valores de referências para enxofre e monóxido de carbono, por exemplo.

Nesse sentido, o controle do radônio que não é apresentado pela CNEN²⁶⁵, ANSN ou legislação ordinária do setor nuclear, também não é verificado no arcabouço legal de normativas ambientais, trazendo a situação de grave risco de dano.

Em paralelo, a referida pesquisa sobre a maior incidência de câncer do tipo de pulmão (que tem relação direta com o radônio) no Cazaquistão (país com as maiores reservas de urânio no mundo) pode apresentar pressupostos científicos robustos²⁶⁶ para que entre em ação o princípio da precaução – principalmente diante das lacunas jurídicas, internacionais e nacionais, apontadas com relação à atividade da mineração de urânio.

C) Uma crítica à falta de participação popular na regulação do risco e controle do ar com base no exemplo de Santa Quitéria

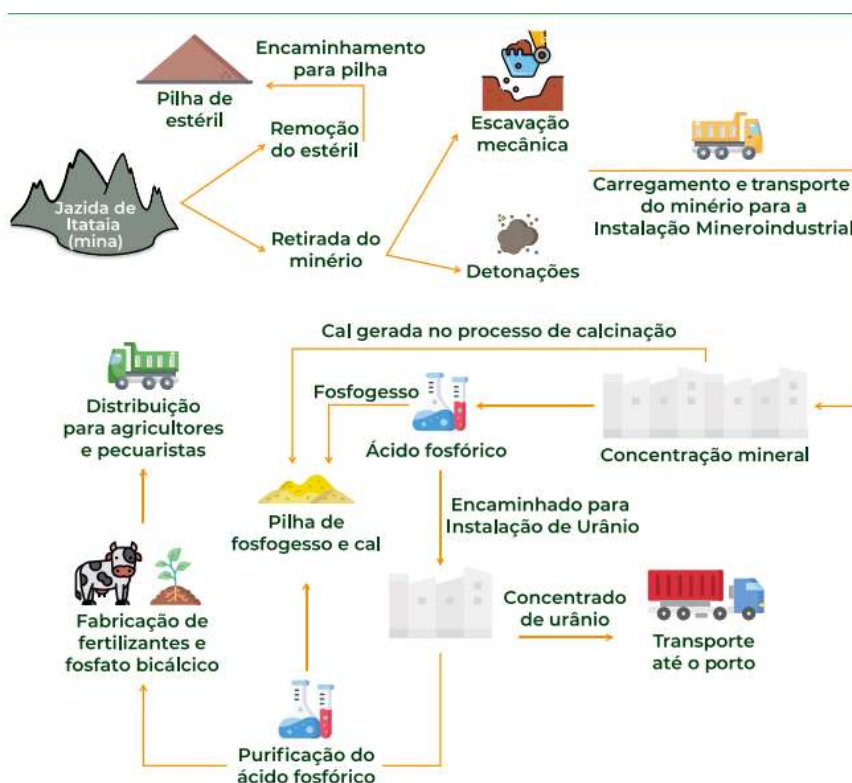
Atualmente no Brasil temos em andamento o licenciamento do projeto de Santa Quitéria, que se trata de uma mina de fosfato associada ao urânio, localizada no Ceará. A perspectiva é quando em operação, sejam produzidas 2.300 toneladas de concentrado de urânio por ano.²⁶⁷ O foco da análise a seguir se restringirá ao EIA/RIMA e de que forma os riscos do urânio foram considerados, principalmente fazendo relação com o risco do radônio, seguindo a linha acima.

Inicialmente pontua-se que por se tratar de uma lavra de aproveitamento duplo, fosfato e urânio, o projeto de Santa Quitéria apresenta ainda maior complexidade quando se comparada com a extração em Caetité, onde há apenas o aproveitamento do elemento nuclear. A imagem a seguir ilustra a duplicidade do plano de ação desse empreendimento:

²⁶⁵ Apenas timidamente, como já falado, na Norma CNEN NN 4.01, capítulo VII (Das Medidas Mitigadoras ou Ações de Remediação).

²⁶⁶ Soma-se também as outras pesquisas apresentadas neste trabalho que demonstram a correlação direta entre presença de urânio mineral e liberação do gás radônio.

²⁶⁷ Mais detalhes do projeto podem ser encontrados no *website* <https://consorciosantaquiteria.com.br/>.

Figura 17: Processo Produtivo do Projeto de Santa Quitéria

Fonte: Relatório de Impacto Ambiental – RIMA (p. 11)

Anteriormente o IBAMA já havia não autorizado o licenciamento do projeto de Santa Quitéria, devido a inviabilidade ambiental.

Um parecer preliminar do Ibama atestava, entre outras irregularidades, que o projeto não comprovava a viabilidade hídrica, as pilhas de rejeitos deveriam ser feitas em lugares inadequados. Tampouco haviam medidas de mitigação quanto à possível contaminação das comunidades mais próximas e a autorização do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), e da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)²⁶⁸

Mais detalhes sobre os problemas enfrentados pelo licenciamento que fora negado, e demais aspectos socioambientais de questões que se tornaram obstáculos no licenciamento do projeto de Santa Quitéria podem ser encontrados no trabalho de

²⁶⁸ RBA-Rede Brasil Atual. "Ibama arquiva pedido de licença para mina de urânio no Ceará". Disponível em: <https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/ibama-arquiva-pedido-de-licenca-para-mina-de-uranio-no-ceara/> Acesso em 12 nov. 2022.

Montezuma (2015),²⁶⁹ principalmente no que diz respeito às análises dos conflitos socioambientais desse empreendimento no interior do Ceará.

No conflito, observamos que as narrativas de justificação durante as audiências constituem uma das diversas estratégias de geração de convencimento sobre a viabilidade, a inexorabilidade e a imprescindibilidade do projeto. Os supostos benefícios são maximizados e matematizados ou naturalizados. Para os empreendedores importa comunicar uma imagem de responsabilidade ambiental e tecer as ligas para construção do convencimento que gere a concessão de uma “licença social” sobre o projeto. O licenciamento, como palco destas disputas, mostra relevantes dificuldades de proceder a uma análise complexa, integrada, democrática e equânime acerca da viabilidade destes empreendimentos

(...)

Os órgãos licenciadores são vistos de forma ambígua, ora como possíveis colaboradores das comunidades, ora como fiscalizadores, ora como os indutores do paradigma da adequação, ora como parceiros do projeto. As dificuldades de “perceber quem é quem” na mesa das audiências nos alertam para a homogeneização dos discursos ambientais com base na substituição de uma política ambiental precavida e preventiva, por uma política ambiental desenvolvimentista, marcada pelo paradigma da adequação e pela noção de gestão ecoeficiente dos riscos

No novo processo de licenciamento, como cumprimento de exigências, o IBAMA, a CNEN, a INB e técnicos que elaboraram o EIA do projeto de Santa Quitéria realizaram audiências públicas nas cidades impactadas pelo empreendimento, em meados de 2022²⁷⁰. Esses eventos foram transmitidos ao vivo pelo *youtube*, e demonstram a nítida aversão das populações afetadas, diante do medo dos potenciais riscos criados pela atividade da mineração de urânio.

Quando se analisa o EIA/RIMA²⁷¹ do projeto, é dito que as populações que residem em regiões com solo rico em urânio já convivem com radiação naturalmente, e que, portanto, será realizado um diagnóstico radiológico, cujos valores aferidos serão utilizados para monitoramento das emissões de radiação durante a atividade do empreendimento. Essa ação comporá as medidas de controle e prevenção que se irão se desdobrar nos seguintes programas: Programa de Proteção Radiológica

²⁶⁹ MONTEZUMA, Talita de Fátima Pereira Furtado. “Licenciar e silenciar: análise do conflito ambiental nas audiências públicas do Projeto Santa Quitéria, CE”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Direito.

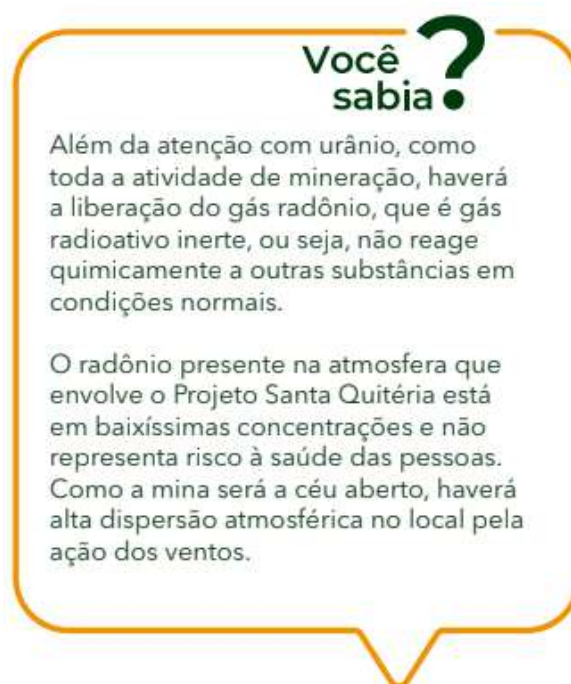
²⁷⁰ INB. “Audiências públicas do Projeto Santa Quitéria são realizadas no Ceará”. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/audiencias-publicas-do-projeto-santa-quiteria-sao-realizadas-no-ceara/Origem/588> Acesso em 12 nov. 2022..

²⁷¹ Disponível em: <https://consorciosantaquiteria.com.br/eia-rima/> Acesso em 13 nov. 2002. Empresa responsável pelo EIA/RIMA: Tetra Mais Consultoria LTDA.

Ocupacional (PPRO), que irá monitorar os trabalhadores, e o Programa de Monitoração Radiológica Ambiental Pré-Operacional (PMRA-PO), que monitora o meio ambiente.

Com relação ao radônio, o RIMA apenas o traz de forma despretensiosa, como se fosse uma mera curiosidade da atividade da lavra de urânio, e não um dos elementos naturais mais carcinogênicos existentes, inclusive sem considerar que a dispersão dos ventos pode levar o radônio para regiões limítrofes e povoadas. Destaca-se, conforme já apontado, que essa lavra, por também ser do tipo “mina a céu aberto”, apresenta maior risco de dispersão do radônio, por expor, britar e triturar rochas com alto teor de urânio.

Figura 18: Quadro informativo do radônio no RIMA do Projeto de Santa Quitéria



Fonte: Relatório de Impacto Ambiental – RIMA (p. 18)

Assim, vê-se que a falta de regulação da qualidade do ar no Brasil é uma grande lacuna que pode acarretar em risco grave de dano, por acarretar em potencial exposição excessiva ao gás radônio, que segundo já visto, é altamente cancerígeno. Em que pese alguns aspectos de licenciamento do Projeto de Santa Quitéria já terem sido expostos acima – porque compunha um *link* direto com a temática da omissão da qualidade do ar – também é importante desdobrarmos alguns aspectos gerais do licenciamento ambiental dos empreendimentos minerários uraníferos, a fim de se

verificar a presença de lacunas e como o princípio da precaução pode ajudar a resolver eventuais questões de risco.

3.2.2.5 *licenciamento duplo, porém incompleto*

O licenciamento ambiental é uma etapa fundamental contida no princípio da precaução, pois ele busca levantar e apresentar quais são os principais pontos de riscos, apresentando uma análise completa do impacto de determinado empreendimento no meio ambiente e sua interferência local, além de propor medidas mitigadoras, de cunho precautório ou preventivo²⁷²:

É diante da incerteza científica e do risco de dano que se fundamenta o uso de estudos de impacto, de análises de probabilidade de dano, de análise de alternativas para se minimizar a possibilidade de dano dentro das possibilidades de ações em uma determinada atividade. Nesse sentido, pode ser citado como exemplo, no âmbito do licenciamento ambiental, o estudo de impacto ambiental como um dos meios de implementação do princípio da precaução. Trata-se de técnicas que fazem parte da racionalização da ação humana para se minimizar o seu impacto e podem variar de acordo com o país, com o regime jurídico e com a legislação. Se estas técnicas fazem mais sentido em momento anterior à ação, em juízo, de modo geral, excluídas as cautelares – que têm análise precautória na sua própria natureza processual - o princípio da precaução poderia ser o fundamento para: solicitar perícias; analisar o cumprimento ou não de medidas precautórias; analisar medidas alternativas; avaliar a legalidade da ação na realização de estudo de impacto ambiental; consultar quais tipos de dano podem sofrer uma comunidade, para se incluir danos sociais e culturais, entre outros.²⁷³

Essa ferramenta de proteção ambiental precisa conter aspectos objetivos e técnicos a fim de se assegurar uma maior segurança socioambiental. Nesse sentido, podemos exemplificar como os critérios e parâmetros adotados no empreendimento de alta complexidade da hidrelétrica de Belo Monte constituíram um importante gargalo jurídico-ambiental:

[...] constata-se também a insuficiência de parâmetros técnicos gerais que sirvam de base para as análises dos problemas ambientais. O processo de licenciamento precisa estabelecer critérios e fases mais definidas que possam garantir segurança jurídica para o empreendedor e para a sociedade.

²⁷² Pontua-se que, “O estudo de impacto ambiental pode ser um instrumento de análise de risco, mas essa obrigação não está diretamente ligada e adaptada às questões precautórias, pois o princípio da prevenção é a base desse instrumento. No direito internacional [...] a análise de riscos é uma obrigação exigida não apenas no momento anterior à atividade, mas durante a atividade também, tratando-se de uma obrigação contínua.” MORAES; OLIVEIRA; FERREIRA, op. cit., 2019, p. 27.

²⁷³ MORAES; OLIVEIRA; FERREIRA, op. cit., 2019, p. 21

Esse argumento deve ser utilizado principalmente nos tribunais nacionais, pois o meio ambiente ainda tem proteção limitada no contexto do direito internacional.²⁷⁴

A complexidade de riscos associados a uma mina de urânio, e por consequência da exposição ao radônio, comprova a necessidade de uma gestão de riscos integrada e coesa, assim como justifica a obrigatoriedade do seu licenciamento duplo: além da CNEN (posteriormente ANM e ANSN), que foca em questões de radioproteção, também há a participação do IBAMA, no sentido de proteção ambiental em geral, conforme estipulado na Resolução CONAMA nº 237/97:

Art. 4º - Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, órgão executor do SISNAMA, o licenciamento ambiental, a que se refere o artigo 10 da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, a saber: [...]

IV - destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN;

A Instrução Normativa 19/2018 é que estabelece os procedimentos para a regularização e o licenciamento ambientais a serem realizados pelo IBAMA de empreendimentos e/ou atividades que procederem o uso ou manuseio de radioisótopos.

O IBAMA demanda uma série de documentos, entre eles o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Dentre as etapas, o licenciamento compreende: a Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação. Nessas etapas, o órgão licenciador estabelece uma série de procedimentos que devem ser adotados para avaliar e, se necessário, minimizar os potenciais impactos do funcionamento da unidade sobre o meio ambiente e as populações. As licenças são concedidas com prazos de validade estabelecidos. A partir da implantação do empreendimento, o IBAMA passa a fiscalizar as operações

²⁷⁴ OLIVEIRA, Carina Costa de. Ação Direta de Inconstitucionalidade 3.473 (Caso “Belo Monte”). In: RORIZ, João Henrique Ribeiro; AMARAL JÚNIOR, Alberto do (coord.). **O Direito Internacional em Movimento: Jurisprudência Internacional Comentada**; Brasília: Instituto Brasiliense de Direito Civil, 2016, p. 254-275.

das unidades industriais, que devem cumprir as regras estabelecidas para assim garantir a renovação da concessão²⁷⁵.

Pontua-se que ao passo em que o licenciamento ocorre a cargo de entidades federais (IBAMA e CNEN), a Lei Complementar nº 140/2011, regulamentando os incisos III, VI e VII do art. 23 da CF²⁷⁶, fixando normas para o exercício da competência administrativa em tema ambiental entre os entes federativos, busca concretizar o Princípio da Cooperação, na medida de “[...] realizar uma gestão compartilhada entre os entes federados de modo que as políticas públicas ambientais de todos estes entes, que prosseguem as determinações do artigo 23 da Constituição Federal, sejam realizadas de forma plena, conjunta, e equilibrada.”²⁷⁷

Apesar disso, no plano concreto, não se observa nenhum plano de ação de fiscalização da entidade diretamente ligada e afetada (município) pela mineração de urânio em Caetité²⁷⁸, o que pode ser caracterizado como não negligência dos dispositivos constitucionais de proteger o meio ambiente (art. 23, IV, CF) e garantir o meio ambiente ecologicamente equilibrado e preservá-lo para as presentes e futuras

²⁷⁵ “Licenciamento”. INB. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Meio-Ambiente/Licenciamento> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁷⁶ Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: [...] III - proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos; VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; VII - preservar as florestas, a fauna e a flora;

²⁷⁷ SILVA, Carlos Sérgio Gurgel da. Reflexões sobre a Lei Complementar 140/2011: Cooperação dos Entes Federativos em Prol de um Ambiente Equilibrado. In: ELALI, Andre; ZARANZA, Evandro; SANTOS, Kallina Flôr dos. **Direito Corporativo**: temas atuais. 10 anos André Elali Advogados. São Paulo: Quartier Latin, 2013. p. 317-342.

²⁷⁸ No site oficial da Prefeitura de Caetité, ao se buscar por “INB” [<https://caetite.ba.gov.br/?s=INB>] encontra-se apenas dois resultados sobre obras de recapeamento e manutenção de estradas que ligam a cidade ao empreendimento uranífero, e busca por “urânio” não entrega nenhum resultado: [<https://caetite.ba.gov.br/?s=ur%C3%A2nio>]

gerações (art. 225, caput, CF)²⁷⁹, bem como inobservância ao princípio, já citado, da cooperação e também da eficiência²⁸⁰.

A retomada da mineração de urânio em Caetité, ocorrida no final de 2020, se deu mediante a renovação da Licença de Operação N° 274/2002 (2ª renovação)²⁸¹, conforme as seguintes condicionantes:

2.1: Dar início/continuidade à execução dos seguintes programas ambientais: Monitoração Ambiental, de Efluentes e Rejeitos, da Qualidade do Ar e das Águas Subterrâneas; Gerenciamento de Resíduos Sólidos das Áreas Administrativas e de Apoio; 5528939); Monitoramento de Fauna, considerando os termos do Ofício N° 411/2019/COMIP/CGTEF/DILIC (SEI N° Educação Ambiental, com ênfase nas comunidades vizinhas ao empreendimento; Comunicação Social, a ser executado em Caetité e Lagoa Real, porém, com ações específicas para as comunidades vizinhas ao empreendimento; Inserção Regional, visando a participação de atividades sociais dos municípios de Caetité e Lagoa Real em eventos nas áreas de educação, cultura, saúde, lazer, esporte etc., juntamente com as prefeituras, com o intuito de beneficiar as comunidades das áreas de influência do empreendimento, ou mesmo de minimizar ou mitigar algum impacto; e Iniciar a execução do Programa de Monitoramento de Fauna Terrestre.

²⁷⁹ Ademais, o imperativo de defesa ambiental está presente em vários dispositivos da Lei Orgânica do Município de Caetité, como exemplo: art. 4º C: são princípios que fundamentam a organização do município: [...] V – a defesa e a preservação do território, dos recursos naturais e do meio ambiente; art. 7º, XXIX: fiscalizar, nos termos da lei municipal [...] substância potencialmente nociva ao meio ambiente, à saúde e ao bem estar da população; art. 147, II: respeito ao meio ambiente e controle da poluição ambiental. CAETITÉ. **Lei Orgânica do Município de Caetité-Bahia**. Disponível em: <http://www.caetite.ba.leg.br/site/wp-content/uploads/2015/11/lei-organica-municipal.pdf> Acesso em 05 jan. 2023.

²⁸⁰ O princípio da eficiência, que impõe à Administração Pública direta e indireta e a seus agentes a persecução do bem comum, por meio do exercício de suas competências de forma imparcial, neutra, transparente, participativa, eficaz, sem burocracia e sempre na busca da qualidade, primando pela adoção dos critérios legais e morais necessários para a melhor utilização possível dos recursos públicos, de maneira a evitar-se desperdícios e garantir-se maior rentabilidade social. Note-se que não se trata da consagração da tecnocracia, muito pelo contrário, 'o princípio da eficiência dirige-se para a razão e fim maior do Estado, a prestação dos serviços essenciais à população, visando à adoção de todos os meios legais e morais possíveis para satisfação do bem comum'. CASTRO, Ricardo Manuel. A Responsabilidade do Município no Enfrentamento das Ocupações em Áreas de Risco. Cadernos Jurídicos, São Paulo, ano 20, nº 52, 2019. p. 122. Destaca-se, contudo, que essa eficiência não pode ser entendida como mecanismo de sempre se buscar o "caminho mais fácil ou barato", conforme se depreende da limitação estipulada pelo STF: "o estabelecimento de procedimento de licenciamento ambiental estadual que torne menos eficiente a proteção do meio ambiente equilibrado quanto às atividades de mineração afronta o *caput* do art. 225 da Constituição da República por inobservar o princípio da prevenção." STF. **ADI 6.650/SC**, rel. min. Cármen Lúcia, j. 27-4-2021, P, *DJE* de 5-5-2021. p.27.

²⁸¹ IBAMA. "LICENÇA DE OPERAÇÃO N° 274/2002 - 2ª RENOVAÇÃO". Disponível em: https://servicos.ibama.gov.br/licenciamento/modulos/documentos.php?cod_documento=72492&download= Acesso em: 09 jan. 2023.

2.2: Dar continuidade à execução do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas aprovado pelo IBAMA em 2014, devendo-se primar pelo incremento da diversificação de espécies na produção e no plano de mudas, bem como das práticas alternativas como é o caso da nucleação. Também deverão ser atendidas as exigências postuladas no Ofício nº 563/2019/COMIP/CGTEF/DILIC (SEI Nº 6027192) e no Ofício nº 648/2019/COMIP/CGTEF/DILIC (SEI Nº 6301275).

2.3. Apresentar, no prazo de até 365 (trezentos e sessenta e cinco) dias, ajustes no PRAD contemplando o tratamento que deverá ser dado às cavas da jazida cachoeira, incluindo cronograma de execução.

2.4. Apresentar, no prazo de até 90 (noventa) dias, a revisão do projeto de Recuperação de Taludes (taludes de corte e os taludes de aterro). O documento deverá contemplar o mapeamento das áreas alvo de recuperação, o quantitativo dessas, as ações os métodos e técnicas previstos e o cronograma de execução das atividades;

2.5. Apresentar, no prazo de até 60 (sessenta) dias, um Programa de Manutenção das Estradas contemplando: manutenção do leito estradal, incluindo o tipo de material de revestimento (material de empréstimo); manutenção e conservação de sistemas de drenagem; implantação de bacias de contenção; demais ações necessárias ao correto disciplinamento de águas pluviais e controle de processos erosivos;

2.6. Apresentar, no prazo de até 90 (noventa) dias, proposta de inclusão no eixo Relações Dialógicas do Programa de Comunicação Social, projeto de divulgação sobre os riscos e medidas de emergência e proteção para as comunidades a jusante da barragem Águas Claras até São Timóteo, distrito do município de Livramento de Nossa Senhora;

2.7. Assegurar a funcionalidade das estruturas de isolamento, proteção e monitoramento das áreas controladas, de maneira a impedir, de forma efetiva, a entrada de animais domésticos (bovídeos, equídeos) ou de pessoas que não possuam relação com o empreendimento;

2.8. Os relatórios referentes ao cumprimento desta Licença de Operação deverão ser entregues anualmente ao IBAMA, até o final do primeiro trimestre do ano seguinte, sob uma perspectiva contextualizada, contendo análise integrada, cruzamento de dados existentes até o momento, avaliação do desenvolvimento do programa - incluindo os valores de background -, tratamento estatístico consistente, avaliação do desenvolvimento do programa e proposta de aperfeiçoamento, sob pena de devolução. contendo: introdução; metodologia aplicada na execução do plano, programa ou medida ambiental; justificativa para os parâmetros empregados em monitoramentos e pesquisas; sistematização dos dados de monitoramento na forma de planilhas; análise descritiva e, se couber, multivariada dos dados de monitoramento; representações gráficas; ilustrações por meio de mapas (disponibilização de shapefiles quando existirem) e fotos; e discussão aprofundada dos resultados no contexto do controle e da mitigação dos impactos ambientais do empreendimento e dos resultados das recuperações de áreas degradadas;

2.9. Efetuar todos os ensaios relativos ao Programa de Monitoramento em laboratórios acreditados pelo INMETRO (NBR ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio de calibração –, que adotem, comprovadamente, os princípios de Boas Práticas de Laboratório (Norma nº NIT-DICLA-035), em especial, no que couber, as Normas Regulamentadoras NR-32 e NR-33.

2.10. Executar periodicamente serviços de limpeza, manutenção e proteção dos poços de monitoramento, no intuito de eliminar riscos de obstrução e de contaminação externa, bem como assegurar as condições adequadas dos monitoramentos programados;

2.11. Proceder à manutenção das canaletas de drenagem oleosa de postos de abastecimento e oficinas, conforme procedimento previamente estabelecido;

2.12. Realizar o monitoramento do efluente de Caixas Separadoras de Areia, Água e Óleo (CSAOs) e dos efluentes sanitários, com metodologia, procedimento e frequência definidos no Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos da URA/INB;

2.13. Desenvolver e executar projeto de remediação para as áreas caracterizadas como passivos decorrentes de incidentes ocorridos na área de beneficiamento (Planta Química, Tanques e Ponds), observando normas técnicas e diretrizes e estratégias (CNEN, AIEA), apresentando relatórios anuais das ações desenvolvidas e dos resultados obtidos;

2.14. Eventuais ajustes em pontos de amostragem, métodos, técnicas e parâmetros de monitoramentos ambientais devem ser objeto de formalização documental, com o devido embasamento técnico e científico, sendo que qualquer alteração haverá a necessidade de aprovação do IBAMA; e

2.15. Apresentar, antes do início do Alteamto parcial e retaludamento do depósito de estéril e de minério lixiviado, o relatório do levantamento florístico no topo do depósito de estéril para análise e aprovação.

Destaca-se que a qualidade do ar está restrita à dispersão de poeira, o que apresenta dois problemas centrais nessa condicionante: primeiro que por si só não se pode afirmar que a poeira medida seja de alto teor de urânio, uma vez que pode se dar em decorrência de caminhões e demais veículos utilizados em determinada obra ou atividade no empreendimento, ou seja, seria necessária uma análise da composição química dessa suspensão de partículas.

Segundo, apesar de todos os riscos já expostos neste trabalho sobre o radônio, a fim de demonstrar sua periculosidade para a saúde humana, não se observa nessas condicionantes algum limitador ou mesmo requisição em específico para a concentração desse gás no ar, muito menos diretrizes objetivas de apuração desse gás nas comunidades limítrofes ao empreendimento.

Em sede das audiências públicas, que compõem importante mecanismo de participação popular²⁸² das “potenciais vítimas” de determinado empreendimento, no

²⁸² ASSUNÇÃO, Linara Oeiras. O Licenciamento Ambiental Brasileiro e as Possibilidades de Participação Popular. **Revista Eletrônica Direito e Sociedade**. Canoas, V. 6,N.2, 2018. P. 140.

tocante à Sociedade de Risco, é necessário ver se eles estão de fato participando da gestão do risco. A lacuna também pode se dar no distanciamento criado por exagero de uso de expressões técnicas, ou obscurantismo de se fornecer uma série de dados e informações de alta complexidade, sem “traduzi-las” para as populações afetadas, as quais geralmente são formadas por classes mais vulneráveis.

Assim, o claro entendimento das propriedades físico-químicas e riscos do urânio e o risco inerente ao radônio, além de fornecer base para a construção de um ordenamento jurídico sólido, e que vise a proteção ambiental, também é importante para a compreensão e participação das populações afetadas aos empreendimentos de produção uraníferas, uma vez que o direito à informação de assuntos ambientais é pressuposto consagrado em normativas, como no Princípio 10 da Declaração do Rio²⁸³, Acordo de Escazú²⁸⁴, Lei de Acesso à Informação e Lei de Acesso à Informação Ambiental²⁸⁵, e teses do STJ²⁸⁶.

Portanto, não apenas o acesso à informação e participação pública precisam estar previstos legalmente, mas sim temos que esses institutos devam ocorrer de fato²⁸⁷:

[...] a mera existência de normas que garantam o acesso à informação ou a participação pública não é suficiente para que exista uma verdadeira garantia desses direitos. As normas sobre acesso devem ser tempestivas, pertinentes,

²⁸³ Princípio 10: O melhor modo de tratar as questões ambientais é com a participação de todos os cidadãos interessados, em vários níveis. No plano nacional, toda pessoa deverá ter acesso adequado à informação sobre o ambiente de que dispõem as autoridades públicas, incluída a informação sobre os materiais e as atividades que oferecem perigo a suas comunidades, assim como a oportunidade de participar dos processos de adoção de decisões. Os Estados deverão facilitar e fomentar a sensibilização e a participação do público, colocando a informação à disposição de todos. Deverá ser proporcionado acesso efetivo aos procedimentos judiciais e administrativos, entre os quais o ressarcimento de danos e recursos pertinentes.

²⁸⁴ “O Acordo de Escazú, o primeiro tratado ambiental da América Latina e do Caribe, busca promover os direitos de acesso à informação, à participação e à justiça em questões ambientais. [...] No entanto, apesar de sua relevância e de ter sido assinado pelo Brasil já em 2018, o Acordo de Escazú ainda não foi ratificado pelo Brasil.” <https://transparenciainternacional.org.br/acordo-de-escazu/>

²⁸⁵ A INB, por ser empresa pública, está subordinada às leis de informação Nº 12.527/2011 e Lei Nº 10.650/2003.

²⁸⁶ “Teses da Primeira Seção consagram direito à informação ambiental e obrigação do Estado com a transparência”. STJ. Disponível em: <https://www.stj.jus.br/sites/portalp/Paginas/Comunicacao/Noticias/27052022-Teses-da-Primeira-Secao-consagram-direito-a-informacao-ambiental-e-obrigacao-do-Estado-com-a-transparencia.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁸⁷ OLIVEIRA, Carina Costa de. Ação Direta de Inconstitucionalidade 3.473 (Caso “Belo Monte”). In: RORIZ, João Henrique Ribeiro; AMARAL JÚNIOR, Alberto do (coord.). **O Direito Internacional em Movimento: Jurisprudência Internacional Comentada**; Brasília: Instituto Brasiliense de Direito Civil, 2016, p.272.

capazes de atingir quem precisa da informação. No mesmo sentido, a mera existência de leis que citem a possibilidade de participação não é suficiente para garantir a participação tempestiva, informada, capaz de influenciar as decisões políticas.

Além disso, a falta de informações pode fomentar ainda mais em situações de conflitos sociais²⁸⁸ entre as pessoas e a própria atividade, tendo como base os já aludidos fenômenos da *Radiophobia* e *Not in my Backyard*. Dessa forma, exclui-se a população afetada (potenciais vítimas) da gestão do risco.

No artigo “A mineração de urânio em questão: análise da comunicação pública das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Caetité, Bahia”, é apresentado de forma evidente a deficiência na comunicação à população vizinha ao empreendimento da lavra de urânio²⁸⁹:

A partir da análise dos materiais e das estratégias de comunicação pública adotados pela INB, parece-nos que o Espaço²⁹⁰ e a empresa, de maneira geral, ao invés de estabelecerem um diálogo crítico com a população local, adotam um raciocínio e uma estratégia reducionistas e monolíticos, blindados a qualquer tipo de questionamento e negacionista em relação aos riscos seja da mineração e do beneficiamento de urânio, seja da energia nuclear. Neste sentido, ao invés de dialógicas, as práticas da empresa, por meio de seus canais de comunicação, tratariam de convencer e persuadir os moradores quanto à segurança e a qualidade dos trabalhos por ela desenvolvidos. (...) Algo semelhante é identificado por Irwin em seus estudos sobre as relações entre cientistas e cidadãos diante das incertezas envolvidas nos casos relativos à utilização do herbicida 2,4,5-T, suspeito de causar sérios danos à saúde de trabalhadores e ao meio ambiente, e à ocorrência de ‘vaca louca’ em bovinos da Inglaterra. O que se verifica, em ambos os casos, é ‘uma luta entre cientistas armados com ‘os fatos’ e um grupo irracional de cidadãos.’ (...) Insistir num modelo de ciência supostamente capaz de atuar com neutralidade e objetividade pode favorecer a falta de diálogo entre empresas e comunidades, além de suscitar um quadro de vulnerabilidade institucional que dificulta, por exemplo, os processos de regulação, licenciamento e fiscalização.

²⁸⁸ “População de Caetité (BA) faz vigília e impede entrada de urânio na cidade” G1 BAHIA. Disponível em: <https://g1.globo.com/bahia/noticia/2011/05/populacao-de-caetite-ba-faz-vigilia-e-impede-entrada-de-uranio-na-cidade.html> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁸⁹ PAULA, Bruno Lucas Saliba de. A mineração de urânio em questão: análise da comunicação pública das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Caetité, Bahia. *Rev Eletron Comun Inf Inov Saúde*. 2020 abr.-jun.;14(2):329-41. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/41969/7.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁹⁰ O Espaço-INB é um centro de informações mantido pela empresa em Caetité com fins sociais e informativo sobre a atividade da lavra de urânio.

A participação das vítimas em potencial é fundamental para se garantir uma gestão de riscos justa. Se não eles, quem estaria mais interessado, preocupado e correndo o maior risco no determinado contexto? É preciso verificar se há conciliação entre essas pessoas, os entes executores e controladores de determinado empreendimento que gerará o impacto de risco, e o governo atribuindo funções de gestão do risco propriamente dito.²⁹¹

Pelo exposto, observa-se a vastidão de condicionantes específicas impostas pelo IBAMA à INB, na busca de mitigação de “danos certos” (prevenção) e “danos potenciais” (precaução) no contexto da renovação da licença. Como se depreende da leitura dessas imposições, apesar de serem bastante abrangentes, assim como as normas da CNEN, desconsidera a existência e conseqüente risco do radônio. Mesmo falando de monitoramento da qualidade do ar, pelo fato do Brasil ainda não ter uma política e regulação específica sobre os limites de teor desse gás, temos posto essa lacuna de grave risco de dano, principalmente em algumas comunidades, como as vizinhas à extração do urânio mineral.

Além disso, é preciso que se verifique se está garantida de fato a participação social da população que sofrerá o impacto do empreendimento, por meio das audiências públicas, por exemplo. Porém, em muitos casos, principalmente em temas complexos como a atividade de lavra do urânio, a comunicação não é eficiente, o que ocasiona uma situação de não cumprimento de participação das potenciais vítimas na construção da gestão do risco.

Por fim, como mecanismo de acesso à justiça, de modo geral, figurando em momentos em que ações precautórias ou preventivas não tenham evitado a

²⁹¹ Destaca-se também as associações de vítimas, que geralmente agem *a posteriori* da ocorrência do dano. Apesar de geralmente elas agirem de forma defensiva, buscando indenizações e compensações pelos danos sofridos, também há de se ressaltar o papel político dessas associações, influenciando decisões políticas e mudanças legislativas, como foi a obtenção da supressão do amianto em diversos países impulsionado pela associação das vítimas do amianto. Especificamente na temática nuclear temos o exemplo da Associação de Vítimas do Césio-137 que busca lutar pelos direitos das pessoas afetadas pelo acidente radiológico de Goiânia e dar visibilidade à questão. FIOCRUZ. Mapa de Conflitos. **Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil**. Disponível em: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/go-vitimas-do-cesio-137-ate-hoje-lutam-pelo-reconhecimento-pleno-de-seus-direitos/> Acesso em 07 jan. 2023.

ocorrência de um dano, a responsabilização²⁹² é um artifício de se buscar a justiça frente ao dano sofrido, como meio de reparação (restituir o bem lesado), ou compensação (voltado ao dano residual, em que a reparação é impossível)²⁹³.

Entretanto, como se verá na leitura a seguir, o instituto de responsabilização nuclear na legislação interna foi desenvolvido de maneira a desconsiderar os riscos inerentes à mineração do urânio – mesmo esta, como já visto em vários momentos deste trabalho, apresentar graves riscos de dano.

3.2.2.6 A não inclusão da mineração nuclear na responsabilização

Inicialmente reforça-se o postulado na Constituição Federal de 1988 que comprova a “inflexibilidade” constitucional dada à temática do risco nuclear no Brasil, conforme art. 21, XXIII, d: “a responsabilidade civil por danos nucleares independe da existência de culpa”. Esse postulado é reafirmado em legislações infraconstitucionais, porém, como se verá a frente, ao passo em que se presencia a rigidez da tomada de risco no aspecto da responsabilização, considerando-o de caráter objetivo, observa-se que em análise de termos legais de forma detalhada, a atividade da mineração de urânio não está plenamente abrangida por esses pressupostos de reparação ou compensação, tornando-se uma lacuna relevante no setor.

²⁹² “O princípio da responsabilidade civil é (era...) o corolário do fato de que a vida humana se processa em sociedade(s) e que um contrato social produz diversas consequências. A exigência de um mínimo de relações sociais garantidas conduziu a proclamar nos textos básicos da lei e a implementar nas decisões de jurisprudência, o princípio da responsabilidade civil. Todo fato humano, por ação ou omissão, que causa um prejuízo a outrem, obriga o responsável a reparar, indenizar, substituir, compensar, restabelecer o *status quo ante*. A responsabilidade, primeiro concebida como sanção de uma falha pessoal, dava-se por culpa ou por dolo. A intenção do culpado devia ser considerada. A evolução da natureza das atividades incrimináveis e dos prejuízos efetivos levou a admitir a responsabilidade sem culpa, dita objetiva. Nesse caso, não há mais necessidade de comprovar a culpa do responsável, desde que estabelecidos o prejuízo e o nexos de causalidade entre ele e o agente que o provocou. Hoje em dia, o princípio da responsabilidade sem culpa do autor do dano está consagrado na lei. É o texto “constitucional” de fundação do Meio Ambiente, no Brasil, a Lei 6938/81, que afirma o princípio da responsabilidade ambiental objetiva, ao enunciar em seu art. 14 §1 que o poluidor é “obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade [...]” CAUBET, 2005. op. cit., p. 24-25.

²⁹³ MORAES, Gabriela Garcia Batista Lima. **A Responsabilidade Civil Nuclear como Instrumento para a teoria política da “Nova Economia do Bem-Estar”**: uma análise Econômica do Direito com base no acidente nuclear de Fukushima. Revista da Academia Brasileira de Direito Constitucional. Curitiba, 2017, vol. 9, n. 16, Jan.-Jun. p. 114-140. p. 125

Especificamente voltando-se para a legislação infraconstitucional, temos dois principais dispositivos: o Decreto Nº 911/1993, que promulga a Convenção de Viena sobre Responsabilidade Civil por Danos Nucleares e a Lei Nº 6.453/1977, que dispõe sobre a responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com atividades nucleares.

Conforme determinado constitucionalmente e pelo Acordo de Viena, a responsabilidade de operações nucleares é objetiva. Nesse sentido, não importa o dolo ou a culpa, bastando a comprovação do nexo causal entre a conduta e o dano. Sobre esse aspecto, apresenta-se que:

Agostinho Alvim pondera que “a responsabilidade civil, em face da teoria clássica, pressupunha a culpa”. Portanto, sem culpa não havia responsabilidade. Já a responsabilidade objetiva, fundada na teoria do risco, que foi uma das teorias desenvolvidas para justificá-la, não caracterizaria um retorno à ideia de vingança, mas, sim, o entendimento de que a culpa é insuficiente para regular todos os casos de responsabilidade: “o fundamento da teoria objetiva consiste em eliminar a culpa como requisito do dano indenizável, ou seja, em admitir a responsabilidade sem culpa, e isso porque cada um deve responder pelo risco de seus atos”.²⁹⁴

Com relação ao trecho da Constituição (art. 21, XXIII, “d) que estabelece a responsabilidade civil como objetiva para danos nucleares, é preciso se atentar para verificar se a atividade de mineração de urânio está coberta pelo termo “danos nucleares”, pois tendo como o exemplo do acidente radiológico ocorrido em Goiânia, em 1987, a Lei de Responsabilização (6.453/1977), por diferenças conceituais, não pôde ser utilizada para o referido episódio.

Portanto, é preciso analisar as legislações supracitadas que transcorrem sobre a seara de responsabilidade no campo nuclear, e de que forma elas tocam na atividade da mineração do urânio.

O Decreto Nº 911/1993, apresenta a definição de “dano nuclear” de forma a não abranger o urânio natural. *In verbis*:

Artigo I (...)

k) "**Dano nuclear**" significa:

i) a perda de vidas humanas, as lesões corporais e os danos e prejuízos materiais produzidos como resultado direto ou indireto das propriedades

²⁹⁴ MAHUAD, Luciana Carone Nucci; MAHUAD, Cassio. “Imputação da responsabilidade civil: responsabilidade objetiva e subjetiva”. TJSP. 2014. Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/download/EPM/Publicacoes/ObrasJuridicas/rc2.pdf?d=636680468024086265> Acesso em 01 dez. 2022.

radioativas ou de sua combinação com as propriedades tóxicas, explosivas ou outras propriedades perigosas **dos combustíveis nucleares procedentes ou originários dela ou a ela enviados**; [...] (grifo nosso)

Quando analisamos a definição de “combustíveis nucleares”, a norma diz que são aqueles “capazes de produzir energia, mediante processo autossustentado de fissão nuclear”, ou seja, apenas o urânio enriquecido. Nessa mesma seara, podemos perceber como o urânio *in natura* é desconsiderado para fins reparatórios:

Artigo I [...]

h) "Material nuclear" significa:

i) todo combustível nuclear, **salvo o urânio natural e o urânio empobrecido**, capaz de por si só ou em combinação com outros materiais, produzir energia mediante processo autossustentado de fissão nuclear fora de um reator nuclear; (grifo nosso)

A Lei Nº 6.453/1977, nesse mesmo sentido, apresenta o “dano nuclear” com uma definição um pouco diferente da supracitada, condicionando a participação da “instalação nuclear” para compor o dano:

Art. 1º: (...)

VII - "dano nuclear", o dano pessoal ou material produzido como resultado direto ou indireto das propriedades radioativas, da sua combinação com as propriedades tóxicas ou com outras características dos materiais nucleares, **que se encontrem em instalação nuclear, ou dela procedentes ou a ela enviados** (grifo nosso)

Essa inserção da “instalação nuclear” importa, pois limita a abrangência do dano nuclear. Para definições, a lei determina que ela pode se apresentar de três formas:

Art. 1º: (...)

VI - "instalação nuclear":

a) o reator nuclear, salvo o utilizado como fonte de energia em meio de transporte, tanto para sua propulsão como para outros fins;

b) a fábrica que utilize combustível nuclear para a produção de materiais nucleares ou na qual se proceda o tratamento de materiais nucleares, incluídas as instalações de reprocessamento de combustível nuclear irradiado;

c) o local de armazenamento de materiais nucleares, exceto aquele ocasionalmente usado durante seu transporte;

Dessa forma, apesar de parecer que a operação de aproveitamento do mineral uranífero esteja abrangida pela definição da “instalação nuclear”, no que tange às

alíneas “b” e “c”, a saber os trechos que especificam como “local no qual se proceda o tratamento de materiais nucleares” e “local de armazenamento de materiais nucleares”, é preciso retornar às definições que a própria lei de responsabilidade civil por danos nucleares estabelece para “materiais nucleares” para se verificar que de fato ela não está coberta.

Para facilitar a compreensão, recapitulemos:

Lei Nº 6.453/1977 estabelece que:

- **Dano Nuclear** é “o dano pessoal ou material produzido como resultado direto ou indireto das propriedades radioativas, da sua combinação com as propriedades tóxicas ou com outras características dos materiais nucleares, **que se encontrem em instalação nuclear, ou dela procedentes ou a ela enviados**”.

A lei define três formas de instalação nuclear:

- o **reator nuclear**, salvo o utilizado como fonte de energia em meio de transporte, tanto para sua propulsão como para outros fins;
- a **fábrica que utilize combustível nuclear** para a produção de materiais nucleares **ou na qual se proceda o tratamento de materiais nucleares**, incluídas as instalações de reprocessamento de combustível nuclear irradiado;
- o **local de armazenamento de materiais nucleares**, exceto aquele ocasionalmente usado durante seu transporte;

Nas alíneas “b” e “c” a definição de instalação nuclear deve estar relacionada com combustível nuclear ou materiais nucleares. Vejamos suas definições na mesma lei:

- **combustível nuclear**: o material capaz de produzir energia, mediante processo autossustentado de fissão nuclear – ou seja, urânio enriquecido e não o natural.

- **material nuclear:** o combustível nuclear e os produtos ou rejeitos radioativos²⁹⁵;

Se por um lado podemos pensar que pode ter havido certa confusão do legislador acerca dos termos de definição, a ponto de considerar o minério nuclear no âmbito dos capítulos de responsabilidade civil, vimos que o mesmo não ocorre no Capítulo III (da Responsabilidade Criminal), em que trata especificamente do termo “minério nuclear”. Ou seja, fica claro que o U-238 não é abarcado por danos civis quando da ocorrência comprovada de danos, e mesmo quando tratado o tema na esfera penal, não se vê claramente o aspecto de responsabilização em casos de contaminação ou algum tipo de impacto direto ao meio ambiente:

Art . 19 - Constituem crimes na exploração e utilização de energia nuclear os descritos neste Capítulo, além dos tipificados na legislação sobre segurança nacional e nas demais leis. (...)

Art . 24 - Extrair, beneficiar ou comerciar ilegalmente minério nuclear.

Pena: reclusão, de dois a seis anos.

Art . 25 - Exportar ou importar, sem a necessária licença, material nuclear, minérios nucleares e seus concentrados, minérios de interesse para a energia nuclear e minérios e concentrados que contenham elementos nucleares.

Pena: reclusão, de dois a oito anos.

Assim, percebe-se que ao recapitularmos as próprias definições técnicas presentes na Lei de Responsabilidade Civil por Danos Nucleares, e no Decreto que promulgou a Convenção de Viena sobre Responsabilidade Civil por Danos Nucleares, essas normas não abarcam os riscos do U-238, o urânio mineral.

²⁹⁵ Produtos ou rejeitos radioativos são classificados como “os materiais radioativos obtidos durante o processo de produção ou de utilização de combustíveis nucleares, ou cuja radioatividade se tenha originado da exposição às irradiações inerentes a tal processo, salvo os radioisótopos que tenham alcançado o estágio final de elaboração e já se possam utilizar para fins científicos, médicos, agrícolas, comerciais ou industriais”. Art. 1º, III da Lei 6.453/77. Ou seja, não engloba o U-238.

Outros pontos que merecem destaque são a não consideração da teoria do Risco Integral²⁹⁶, que afasta mais ainda a responsabilidade objetiva de forma plena, mesmo nas atividades centrais e relevantes de risco do setor, como na operação de um reator, e também a obrigatoriedade de manter seguro ou outra garantia financeira para cobrir eventuais indenizações pleiteadas em sede de danos nucleares nas instalações nucleares – lembrando que nestas não estão incluídas as operações de mineração do urânio, conforme Lei nº 6.453/1977:

Art. 6º - Uma vez provado haver o dano resultado exclusivamente de culpa da vítima, o operador será exonerado, apenas em relação a ela, da obrigação de indenizar. [...]

Art. 13 - O operador da instalação nuclear é obrigado a manter seguro ou outra garantia financeira que cubra a sua responsabilidade pelas indenizações por danos nucleares.

Esse aspecto de afastamento da responsabilidade objetiva se contrapõe como o ordenamento jurídico nuclear foi se consolidando por meio de tratados que traziam esse elemento que independia da existência de culpa:

A responsabilidade objetiva é um aprimoramento da responsabilidade civil tradicional (com base na culpa) e pela sua rigidez, aplica-se sobretudo quando expressa legalmente. A mesma foi a opção, por exemplo, da Convenção de Viena de 1963 sobre a Responsabilidade civil por Danos Nucleares, da Convenção de Paris sobre a Responsabilidade Civil no Domínio da Energia Nuclear, de 1960, ambas interligadas pelo Protocolo aprovado em 1988, dentre outros. Além de objetiva (independe da existência de culpa), é absoluta, solidária, e limitada pela definição dos danos compensáveis e reparáveis, assim como pelos valores, preceitos e lapso temporal estabelecidos nas respectivas Convenções e Protocolos.²⁹⁷

Nesse sentido, em casos de danos ambientais resultantes da mineração de urânio, a responsabilidade não poderia ser invocada por normativa específica do setor, restando ao demandante buscar em ferramentas da legislação ambiental mecanismo

²⁹⁶ “(a teoria do risco integral) é uma modalidade extremada da doutrina do risco para justificar o dever de indenizar mesmo nos casos de culpa exclusiva da vítima, fato de terceiro, caso fortuito ou força maior”. CAVALIERI FILHO, Sergio. Programa de Responsabilidade Civil. 5ª edição. São Paulo. Ed Malheiros, 2004. P. 240-241. No Direito Nuclear foi adotada a Teoria do Risco Administrativo, em que se admite excludentes de responsabilidade. Ou seja, ao se excluir ao menos um dos elementos que configurem a responsabilidade (conduta, dano ounexo causal) a responsabilidade objetiva é afastada. Doutrinariamente são estabelecidos três casos de excludente de responsabilidade objetiva: culpa exclusiva da vítima, caso fortuito e a força maior. É o que ocorre no art. 6º da Lei nº 6.453/77, em que há o pressuposto da culpa exclusiva da vítima. BARROS, Adriano Celestino Ribeiro. Ensaio Jurídico Sobre o Dano Nuclear no Direito Brasileiro. **Planejamento e Políticas Públicas**. 2011. P. 231.

²⁹⁷ MORAES, 2017. op. cit., p. 126.

reparatório, como o estipulado na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n. 6.938/81), art. 14, § 1º:

Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente.

Outra questão é que a Lei nº 6.453/77 estabelece o prazo prescricional de 10 anos para pleitear indenização, contados da data do acidente nuclear. Mesmo considerando um acidente ocorrido em sede de reator, e com todas as condicionantes apontando pelo cabimento da responsabilização como certa, vislumbra-se um cenário de potencial injustiça, pois a radiação, a depender da dose e local de irradiação, não necessariamente apresenta efeitos de danos à saúde em curtos espaços de tempo.

A própria natureza causal do câncer, que tem como fator de risco as radiações ionizantes, pode levar anos, ou mesmo décadas, para manifestar-se²⁹⁸.

Em 2018, por exemplo, com relação ao maior acidente nuclear já registrado, o UNSCEAR publicou relatório sobre cânceres de tireoide atribuídos ao acidente de Chernobyl, ocorrido em 1986. Entre 1991 a 2015, houve 19.233 casos de câncer de tireoide em pacientes com menos de 18 anos na época do desastre na Ucrânia, Bielorrússia e regiões expostas da Rússia. O UNSCEAR concluiu que cerca de um quarto desses casos pode estar relacionado à exposição à radiação. Isso significaria 4.808 casos de câncer de tireoide²⁹⁹. Ou seja, os efeitos da radiação liberada nesse acidente foram se manifestando ao longo do tempo, seguindo a tendência de maiores doses recebidas apresentarem problemas de saúde com antecedência, e conforme a dose reduzia, o tempo de manifestação aumentava, até alcançar o “equilíbrio” da dose recebida ser inócua ao indivíduo.

²⁹⁸ O processo de formação do câncer é chamado de carcinogênese ou oncogênese e, em geral, acontece lentamente, podendo levar vários anos para que uma célula cancerosa se prolifere e dê origem a um tumor visível. Os efeitos cumulativos de diferentes agentes cancerígenos ou carcinógenos são os responsáveis pelo início, promoção, progressão e inibição do tumor. “Como surge o câncer?”. INCA. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/como-surge-o-cancer> Acesso em 09 jan. 2023.

²⁹⁹ Our World in Data. What was the death toll from Chernobyl and Fukushima? Disponível em: <https://ourworldindata.org/what-was-the-death-toll-from-chernobyl-and-fukushima> Acesso em 02 dez. 2022.

Nesse sentido, para a pretensão indenizatória, em casos de danos nucleares fora do prazo prescricional limite, e obviamente com um aparato robusto de provas de nexos causal e causalidade, seria necessário invocar o instituto do Código Civil. Conforme a ocorrência de danos que tenham se manifestado muitos anos após os fatos que lhe deram causa, ou que o conhecimento não tenha sido contemporâneo à sua ocorrência, “o artigo 189³⁰⁰ do Código Civil fixará como *dies a quo* aquele em que a situação foi identificada”³⁰¹. Portanto, a contagem do prazo prescricional só deve ser iniciada a partir do conhecimento da lesão do direito pela vítima³⁰². O acidente radioativo³⁰³ ocorrido em Goiânia, em 1987³⁰⁴, foi um exemplo prático da aplicação da

³⁰⁰ Art. 189 do CC: Violado o direito, nasce para o titular a pretensão, a qual se extingue, pela prescrição, nos prazos a que aludem os arts. 205 e 206

³⁰¹ ANTUNES, Paulo de Bessa. “Prescrição em Matéria Ambiental”. 2019. Disponível em: <https://direitoambiental.com/prescricao-em-materia-ambiental/> Acesso em 09 jan. 2023.

³⁰² AgRg nos EDcl no REsp 1.074.446/GO, 2ª Turma, Rel. Min. Humberto Martins, DJe 13.10.2010; AgRg no Ag 1.098.461/SP, 4ª Turma, Rel. Min. Raul Araújo Filho, DJe 2.8.2010; AgRg no Ag 1.290.669/RS, 1ª Turma, Rel. Min. Hamilton Carvalhido, DJe 29.6.2010; REsp 1.176.344/MG, 2ª Turma, Rel. Min. Eliana Calmon, DJe 14.4.2010

³⁰³ Há diferença entre acidente radioativo e nuclear. O Acidente radioativo é como uma espécie do gênero “acidente nuclear”. Segundo o “Glossário do Setor Nuclear e Radioativo” da CNEN, “Acidente radiológico é qualquer acidente envolvendo instalações ou atividades na qual ocorra liberação de material radioativo (ou exista a probabilidade de ocorrer), o qual pode resultar em exposição ou contaminação indevida de pessoas e do meio ambiente.”. Já acidente nuclear é “fato ou sucessão de fatos da mesma origem, que cause dano nuclear.”. Dano nuclear, por sua vez, “dano pessoal ou material produzido como resultado direto ou indireto das propriedades radioativas, da sua combinação com as propriedades tóxicas ou com outras características dos materiais nucleares, que se encontrem em instalação nuclear, ou dela procedentes ou a ela enviados.” CNEN. Glossário do Setor Nuclear e Radiológico Brasileiro. Rio de Janeiro. 2021. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Espaco-do-Conhecimento/Documents/Glossario-do-setor-nuclear-e-radiologico-brasileiro.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

³⁰⁴ “Em setembro de 1987 aconteceu o acidente com o Césio-137 em Goiânia, capital do Estado de Goiás, Brasil. O manuseio indevido de um aparelho de radioterapia abandonado, onde funcionava o Instituto Goiano de Radioterapia, gerou um acidente que envolveu direta e indiretamente centenas de pessoas. Com a violação do equipamento, foram espalhados no meio ambiente vários fragmentos de ¹³⁷Cs, na forma de pó azul brilhante, provocando a contaminação de diversos locais, especificamente naqueles onde houve manipulação do material e para onde foram levadas as várias partes do aparelho de radioterapia. Por conter chumbo, material de relativo valor financeiro, a fonte foi vendida para um depósito de ferro-velho, cujo dono a repassou a outros dois depósitos, além de distribuir os fragmentos do material radioativo a parentes e amigos que por sua vez os levaram para suas casas. As pessoas que tiveram contato com o material radioativo – contato direto na pele (contaminação externa), inalação, ingestão, absorção por penetração através de lesões da pele (contaminação interna) e irradiação- apresentaram, desde os primeiros dias, náuseas, vômitos, diarreia, tonturas e lesões do tipo queimadura na pele. Algumas delas buscaram assistência médica em hospitais locais até que a esposa do dono do depósito de ferro-velho, suspeitando que aquele material tivesse relação com o mal-estar que se abateu sobre sua família, levou a peça para a Divisão de Vigilância Sanitária da Secretaria Estadual de Saúde, onde finalmente o material foi identificado como radioativo.” GOIÁS. Secretaria de Estado de Saúde. “História do Césio 137 em Goiânia”. Disponível em: <https://www.saude.go.gov.br/cesio137goiania/historia> Acesso em 09 jan. 2023.

responsabilização do tema nuclear no Brasil, e como a compreensão dos termos postos pelo legislador é importante.

Nesse episódio, não foi possível aplicar a Lei nº 6.453/1977, pois o Césio-137 não se conceitua como material nuclear, bem como a bomba de Césio, que foi descartada incorretamente, não pode ser considerada como uma instalação nuclear. Nesse sentido, não houve cobertura de responsabilização civil pela esfera nuclear:

(...) a Lei nº 6.453, de 17 de outubro de 1977, trata sobre a responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com atividades nucleares, mas como já foi dito, o Césio-137 é um radioisótopo que alcançou o estágio final de elaboração, não se constituindo material nuclear. Ainda, o equipamento da bomba de Césio-137 não constitui uma instalação nuclear, mas sim uma instalação radiativa. Assim, tornou-se impossível a aplicação desta lei no presente caso.

Quanto às outras normas concernentes ao tema, verifica-se que se prendem, quase que com exclusividade, ao estabelecimento de regras e diretrizes, de natureza técnica ou administrativa, quanto ao uso, manuseio e instalação de aparelhos e substâncias radioativas.

Esse lapso na legislação é explicável pelo fato de que ser o Direito uma manifestação cultural, ligado ao processo histórico e, portanto, movido não apenas por fatos normativos, mas também por fatos concretos. Assim, algumas vezes a norma antecipa-se ao fato, porém normalmente, o fato precede a norma. Foi o ocorrido com o acidente: diante de seu ineditismo, não havia legislação específica que permitisse ao Estado exercer o seu *jus puniendi*³⁰⁵.

Nesse contexto de não abrangência de responsabilização integral no campo nuclear, é interessante observar que já houve um Projeto de Lei (nº 7.064 de 2006), porém arquivado, que buscava ampliar a cobertura da busca de reparação em casos de danos nucleares:

(...) verifica-se que a Lei no 6.453, de 17 de outubro de 1977, que hoje rege a matéria, aplica o princípio da responsabilidade objetiva apenas para os casos de instalações radioativas relacionadas a reatores nucleares e ao ciclo do combustível nuclear. Acontece que atualmente está em operação no Brasil um grande conjunto de instalações radioativas capazes de provocar danos radiológicos, como as relacionadas à medicina nuclear, pesquisas científicas, agricultura e indústria. (grifo nosso)

A referida Lei também não inclui os danos ambientais explicitamente na definição de dano radioativo, fazendo menção apenas aos pessoais e materiais. Entendemos, entretanto, que é fundamental que a obrigação da compensação pela degradação ambiental esteja claramente prevista, para se evitar quaisquer interpretações mais restritivas quando da aplicação da norma legal.

³⁰⁵ SOARES, Carolina Chaves. Implicações Jurídico-Penais do Acidente com o Césio-137. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/go10anosdep/Cnen/doc/manu58.PDF> Acesso em 09 jan. 2023.

Além disso, agora se sabe que inúmeros efeitos maléficos derivados da exposição à radiação ionizante manifestam-se tardiamente. Estudos apontam, por exemplo, que o período de latência para o aparecimento de câncer decorrente do contato com a radiação é de quinze anos, isto é, apenas depois de tal período começa a surgir esse tipo de doença na população exposta. Todavia, a legislação brasileira estabelece um prazo máximo de dez anos para se requerer a compensação por danos nucleares, o que é insuficiente, de acordo com o conhecimento científico atual³⁰⁶. (grifo nosso)

Em complemento, ao se analisar a jurisprudência³⁰⁷ sobre o tema nuclear no Brasil percebemos como a discussão de temas profundos para o setor são ínfimos. Em consulta ao STF, ao se realizar uma busca pelo termo “urânio”³⁰⁸, não se encontram processos com este tema, e a busca por “radioativo”³⁰⁹ nos leva às ADI, em que se questiona a competência estadual para os Estados legislarem tentando de alguma forma coibir a construção de usinas e locais de armazenamento de resíduos radioativos em seus respectivos territórios.

Ainda no âmbito do Supremo Tribunal Federal, o termo “radioativo”, além das referidas ADI, traz dois processos, ambos referentes ao acidente do Césio-137. O primeiro requerendo danos materiais mediante responsabilização do Estado, por conta de interdição de estabelecimento (ARE 1391887 Agr/GO)³¹⁰, e o segundo requerendo pensão especial por conta do referido acidente (ARE 692689 Agr/GO)³¹¹.

A importância de se definir bem a concepção e contornos penal e civil da responsabilização no âmbito nuclear se dá pela própria natureza de alto risco da atividade e por conta das mais variadas subatividades que ela se divide, como mineração, aproveitamento energético, descarte de resíduos, aplicação médica, industrial e etc., as quais apresentam riscos particulares.

³⁰⁶ CÂMARA DOS DEPUTADOS. Projeto de Lei Nº 7.064/2006. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=27D7C452CD9CE630D5CD097E58423FCC.proposicoesWebExterno2?codteor=401262&filename=Avulso+-PL+7064/2006. Acesso em 09 jan. 2023.

³⁰⁷ A análise se limitou ao âmbito do STF, devido à natureza de competência federal do tema.

³⁰⁸ Resultado da busca pelo termo “urânio” no *website* do STF: <https://shre.ink/buscauranioSTF>

³⁰⁹ Resultado da busca pelo termo “radioativo” no *website* do STF: <https://shre.ink/buscaradioativoSTF>

³¹⁰ ARE 1391887 AgR / GO – GOIÁS. AG.REG. NO RECURSO EXTRAORDINÁRIO COM AGRAVO. Relator(a): Min. LUIZ FUX (Presidente). Julgamento: 05/09/2022. Publicação: 13/09/2022. Disponível em: <https://shre.ink/Agr1391887>

³¹¹ ARE 692689 AgR / GO – GOIÁS. AG.REG. NO RECURSO EXTRAORDINÁRIO COM AGRAVO. Relator(a): Min. ROSA WEBER. Julgamento: 19/02/2013. Publicação: 05/03/2013. Disponível em: <https://shre.ink/pensao692689>

Como outro exemplo prático de responsabilização aplicada, podemos trazer a decisão da Corte do Japão no acidente de Fukushima: a justiça japonesa responsabilizou civilmente executivos da empresa de geração de energia, pois na decisão foram citados relatórios que apontavam que o acidente poderia ter sido evitado se não fosse a falta de cuidado desses indivíduos. “O tribunal distrital de Tóquio ordenou na quarta-feira (13 jul. 2022) que quatro ex-executivos da Companhia de Energia Elétrica de Tóquio (Tepco) paguem 13 trilhões de ienes (US\$ 95 bilhões) em danos ao operador da usina nuclear de Fukushima”³¹². Essa decisão inclusive vai de encontro à sentença já proferida no tribunal penal, em 2019, em que três executivos da Tepco haviam sido inocentados por negligência profissional, segundo a sentença, não podendo prever a situação da Tsunami e seus desdobramentos. Atualmente esse litígio penal foi apelado e está aguardando julgamento, previsto para 2023, na corte suprema de Tóquio³¹³.

Nesse contexto, importante destacar que mesmo quando há a presença do instituto da responsabilização, nem sempre ele é aplicado da forma mais eficiente, ou que garanta realmente justiça àqueles que sofreram danos/prejuízos.

Conforme uma análise com base na Teoria Política da “Nova Economia do Bem-Estar”³¹⁴, a partir do momento em que o Brasil optou por desenvolver uma política nuclear, especificamente, buscando explorar suas reservas uraníferas, tem-se posto uma escolha econômica. Nesse aspecto, aplicando o conceito de ação eficiente de Kaldor-Hicks (Nova Economia do Bem-Estar), para legitimar a escolha de minerar o urânio no país, ou seja, considerando os ganhos coletivos acima das perdas nessa atividade, é preciso ter em mente que para o Direito é indispensável que haja mecanismos compensatórios e reparatórios. Porém, em análise de casos práticos, como no acidente de Fukushima, percebemos que as formas compensatórias nas situações das perdas, podem não ser eficientes – ou justas.

³¹² “*Former Tepco executives ordered to pay \$95 billion in damages over Fukushima nuclear disaster*”. NBC NEWS. Disponível em: <https://www.nbcnews.com/news/world/fukushima-nuclear-disaster-former-tepco-executives-95-billion-rcna37980> Acesso em 09 jan. 2023.

³¹³ “*Fukushima trial ends in not guilty verdict, but nuclear disaster will haunt Japan for decades to come*”. CNN WORLD. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2019/09/19/asia/japan-fukushima-trial-intl-hnk/index.html> Acesso em 09 jan. 2023.

³¹⁴ MORAES, 2017. op. cit., p. 114-140.

Por fim, podemos inferir que a falta de cobertura da responsabilização sobre o tema dos riscos da mineração de urânio no Brasil leva a uma situação de sociedade sem parâmetros justos para reparos erros e falhas. Ulrich Beck, em entrevista³¹⁵, ao discorrer sobre a “irresponsabilidade organizada” tece sua perspectiva sobre esse termo:

Políticos dizem que não estão no comando, que eles no máximo regulam a estrutura para o mercado. Especialistas científicos dizem que meramente criam oportunidades tecnológicas: eles não decidem como elas serão implementadas. Gente de negócios diz que está simplesmente respondendo a uma demanda dos consumidores. A sociedade tornou-se um laboratório sem nenhum responsável pelos resultados do experimento

Ainda sobre responsabilização, importante destacar o caso da comunidade de mineradores de urânio de Navajo nos EUA, que culminou na Lei de Compensação de Exposição à Radiação (*Radiation Exposure Compensation Act – RECA*)³¹⁶:

Da Segunda Guerra Mundial até 1971, o governo foi o único comprador de minério de urânio nos Estados Unidos. A mineração de urânio ocorreu principalmente no sudoeste dos Estados Unidos e atraiu muitos nativos americanos e outros para trabalhar nas minas e fábricas. Apesar de maior entendimento, baseado na experiência europeia no início do século, de que a mineração de urânio levava a altas taxas de câncer de pulmão, poucas proteções foram fornecidas aos mineradores dos EUA antes de 1962 e sua adoção depois dessa época foi lenta e incompleta. As altas taxas de doenças resultantes entre os mineiros levaram, em 1990, à aprovação da Lei de Compensação de Exposição à Radiação. [...] Em 1990, o Congresso dos EUA aprovou a Lei de Compensação de Exposição à Radiação (RECA). Essa lei reconheceu a responsabilidade pelos maus tratos históricos aos mineiros de urânio pelo governo dos Estados Unidos, o único comprador de urânio de 1948 a 1971, e previu compensação financeira aos mineiros com doenças que poderiam estar relacionadas à sua experiência na mineração. (tradução nossa)

³¹⁵ IHU, Instituto Humanitas Unisinos. “Sociedade de risco. O medo, hoje. Entrevista especial com Ulrich Beck”. Disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br/categorias/159-entrevistas/616847-sociedade-de-risco-o-medo-hoje-entrevista-especial-com-ulrich-beck> Acesso em 10 dez 2022.

³¹⁶ BRUGGE, Doug; GOBLE, Rob. The History of Uranium Mining and the Navajo People. 2002. **Public Health Then and Now**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3222290/pdf/0921410.pdf> Acesso em 09 jan. 2023. Em 2022 estendeu por mais dois anos o término do Fundo Fiduciário do RECA e o prazo de apresentação de todas as reivindicações por dois anos a partir da data de sua promulgação. A RECA estabelece valores de compensação de montante fixo para indivíduos que contraíram doenças específicas em três populações definidas: Mineiros de urânio, moinhos e transportadores de minério podem ser elegíveis para uma compensação única de \$ 100.000. “Participantes locais” em testes atmosféricos de armas nucleares podem ser elegíveis para uma compensação única de até US\$ 75.000. Indivíduos que viveram a favor do vento do local de teste de Nevada (“Downwinders”) podem ser elegíveis para uma compensação única de \$ 50.000. Até 2015, a RECA já havia pago mais de US\$ 2 bilhões em indenizações. Mais detalhes em: <https://www.justice.gov/civil/common/reca>

Como se observa, a regulação nacional, bem como a jurisprudência pátria, não apresenta elementos satisfatórios que possam garantir uma atividade de mineração de urânio eficiente no aspecto socioambiental. Dessa maneira, o Princípio da Precaução entra como uma ferramenta capaz de assegurar o cumprimento de uma atividade de mineração de urânio que preze o desenvolvimento sustentável, ao considerarmos a vulnerabilidade das populações que residem próximas ao empreendimento da lavra.

Também conforme que já fora exposto, percebe-se que o urânio apresenta um duplo risco (toxicológico e radiológico – ligado ao radônio), e sua atividade de mineração apresenta variadas lacunas jurídicas, seja no âmbito internacional (omissão da Agência Internacional de Energia Atômica, tratados e acordos internacionais da seara nuclear e cortes internacionais), ou no âmbito doméstico, em que as legislações nacionais não consideram plenamente os riscos associados ao urânio, e paralelamente ao radônio, para o meio ambiente e saúde humana. Nesse contexto, o princípio da precaução – o qual foi sendo inserido já em alguns trechos deste trabalho, entra como uma ferramenta de solução em situações de incerteza científica e risco grave de dano.

Em que pese os riscos do urânio natural serem certos, e comprovados cientificamente, pontua-se nesses casos os estudos voltam-se para especificamente as operações industriais, ou seja, os riscos para os trabalhadores que lidam diretamente com o urânio já são conhecidos, mapeados e mitigados por medidas de prevenção. Resta ainda a incerteza científica e o potencial de risco grave de dano nas comunidades que vivem em volta dos empreendimentos uraníferos. Sua vulnerabilidade não é levada em conta nos normativos internacionais e nacionais, como visto, e diante desse cenário, o princípio da precaução se apresenta como uma solução.

Assim, apresentemos como esse princípio, bem como o da prevenção, se apresenta, sua importância na garantia do desenvolvimento sustentável e como ainda ele está em construção nos ordenamentos jurídicos.

3.3 Os riscos de radiação e contaminação na norma jurídica: entre a certeza e a incerteza científica

Pontua-se que existe muita confusão entre o princípio da prevenção e da precaução, e mesmo no próprio instituto da Precaução, o Judiciário tende a utilizá-lo de forma imprecisa. Nesse sentido, primeiramente é preciso distingui-los para posteriormente analisar a forma como a precaução é utilizada, e por fim, como esse princípio pode se comportar como uma importante ferramenta na defesa do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, na esfera da atividade da mineração de urânio.

Diferentemente da prevenção, em que há certezas sobre o risco de dano, e dessa forma é possível estabelecer critérios de limite máximo, como a quantidade limite de concentração de urânio em água subterrânea (como estipulada pelo CONAMA na Resolução Nº 396/2008), na precaução paira a incerteza científica sobre o dano. O próprio significado etimológico dos termos ajuda a entender essa diferenciação:

Prevenção é substantivo do verbo prevenir, e significa ato ou efeito de antecipar-se, chegar antes; induz uma conotação de generalidade, simples antecipação no tempo, é verdade, mas com intuito conhecido. Precaução é substantivo do verbo precaver-se (do Latim *prae* = antes e *cavere* = tomar cuidado), e sugere cuidados antecipados, cautela para que uma atitude ou ação não venha a resultar em efeitos indesejáveis. A diferença etimológica e semântica (estabelecida pelo uso) sugere que prevenção é mais ampla do que precaução e que, por seu turno, precaução é atitude ou medida antecipatória voltada preferencialmente para casos concretos³¹⁷

Em resumo, a prevenção busca obstruir o dano, agindo antes dele acontecer (para evitá-lo ou ao menos mitigá-lo), por este já estar mapeado e o perigo da atividade já ser de conhecimento. A precaução, ao contrário, tem o risco como iminente, ou seja, toma-se o “risco de perigo” como potencial de acontecer, mesmo que paira sobre ele a incerteza científica, restando aos envolvidos adotarem cautelas, principalmente em casos em o dano é de natureza grave ou mesmo irreversível.

³¹⁷ MILARÉ, Édis. Direito do ambiente. 3. ed. rev., atual., ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2004. P. 144.

A proibição da repetição (ou a adoção de outras medidas protetivas) de atividade que “já se sabe” perigosa; ou seja, visaria inibir o “risco de dano”, o efeito reconhecidamente danoso que pode resultar de uma atividade efetivamente (não apenas “potencialmente”) perigosa. O princípio da precaução, por sua vez, estaria voltado para o chamado “risco de perigo”, ou seja, sua aplicação se daria nas hipóteses de risco potencial, assim entendido um risco verossímil que não tenha sido integralmente demonstrado nem possa ser quantificado em sua extensão e efeitos, devido à insuficiência ou ao caráter inconclusivo dos dados científicos disponíveis³¹⁸

Nos tribunais, e também em outros países, essa confusão é recorrentemente encontrada. Destaca-se também que a diferenciação entre esses princípios é de ordem jurídica e técnica:

Um equívoco constante nas decisões dos tribunais é a confusão entre o princípio da precaução, quando há incerteza científica sobre o impacto da atividade sob análise; e o princípio da prevenção, utilizado quando há certeza científica sobre o impacto. Esse mesmo equívoco é identificado em outros países também. [...]

Haverá maior segurança jurídica na utilização do princípio quando não houver mais confusão entre a utilização dos dois princípios. A diferença entre eles é de natureza técnica e jurídica: técnica porque quando há certeza científica de dano, esta é constatada por estudos técnicos [...] e jurídica, porque esses estudos são traduzidos em obrigações por meio de uma norma jurídica³¹⁹, ou seja, há uma regra específica que está ou não sendo cumprida, seja um padrão de qualidade ambiental ou outro limite à ação humana estabelecido por lei, resolução ou outro tipo de norma.³²⁰

Essa confusão tem gerado certa banalização do próprio princípio da precaução, uma vez que, além da falta de critérios objetivos, há desvio de função da sua natureza de aplicação, a saber, a incerteza científica e risco grave de dano. Nesse sentido, na pesquisa analisando vários julgados no judiciário nacional observou-se que essa confusão é bastante presente:

Na maior parte dos casos analisados, é possível observar uma preocupação com a magnitude das consequências nocivas, com um risco de dano irreversível. Isso pode ser visto como um critério de avaliação de dano, mas que, por vezes, acaba por ensejar confusão com o princípio da prevenção. O grande problema em usar o princípio desta forma é o risco de banalizá-lo, esvaziando seu significado original em razão da incidência em situações

³¹⁸ NOGUEIRA, Ana Carolina Casagrande. Estado de Direito Ambiental: tendências: aspectos constitucionais e diagnósticos. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004. p. 200.

³¹⁹ Destaca-se que “em juízo, em geral, a situação decorrente de um dano conhecido não é a de incerteza científica, mas a análise de legalidade de cumprimento ou não de norma jurídica.” op. cit., MORAES; OLIVEIRA; FERREIRA, 2019, p. 21

³²⁰ MORAES; OLIVEIRA; FERREIRA, 2019, op. cit., p. 20-21

demasiadamente diversas, além de gerar possivelmente insegurança jurídica pela falta de critérios minimamente previsíveis na sua aplicação.³²¹

[...]

Não é qualquer risco de dano justifica a aplicação da lógica precautória, mas o dano atrelado a uma incerteza científica, ou seja, é a dúvida razoável sobre o risco de dano, minimamente comprovado pela comunidade científica, que dá vazão à aplicação restritiva do princípio, o diferenciando da prevenção. É bem verdade que o princípio da precaução possui um importante viés preventivo dentro de uma lógica de segurança e prudência por parte do Estado, mas essa lógica deve estar associada necessariamente a uma falta de certeza dentro da comunidade científica sobre os possíveis danos, irreparáveis e irreversíveis de uma dada atividade ou produto. Evitar a aplicação indeterminada e indiscriminada do princípio da precaução é, de certa forma, uma forma de fortalecê-lo.³²²

Como se observa, primeiramente há de se distinguir bem o princípio da prevenção e o da precaução, para que assim cada um cumpra seu papel originário, tendo como ponto central a certeza ou incerteza científica sobre os danos associados. No estágio atual da sociedade (tecnológica e capitalista), em que a gestão de riscos e a participação social mediante a noção dos riscos em que estão inseridos são pontos cruciais no processo decisório, é fundamental que princípios garantidores da proteção ambiental e saúde humana sejam bem definidos e aplicados, garantido o desenvolvimento sustentável e a segurança jurídica.

Diante dessa breve introdução, a distinguir o princípio da prevenção em relação ao princípio da precaução, tece-se a seguir, uma análise do que seria o controle preventivo e precautório do radônio e mineração de urânio a céu aberto entre a certeza e a incerteza científica, considerando o radônio e a mineração de urânio a céu aberto por uma análise pela prevenção nos casos de certeza científica (3.3.1) e pela precaução nos casos de incerteza científica (3.3.2)

³²¹ MORAES, Gabriela G.B.; SILVA, Ana Caroline Machado da; CESETTI, Carolina Vicente. *In*: MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). **A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional**. Campinas, SP: Pontes Editores. 2019. p.64-65

³²² MORAES, Gabriela G.B.; SPOLIDORIO, Paulo Celso Maistro. *In*: MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). **A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional**. Campinas, SP: Pontes Editores. 2019. p. 105

3.3.1 O radônio e a mineração de urânio a céu aberto por uma análise pela prevenção nos casos de certeza científica: uma análise pela prevenção nos casos de certeza científica

O Princípio da Prevenção é aplicado em casos de risco conhecido. Tal conhecimento pode se dar por pesquisas científicas, levantamento de dados e informações da atividade conjugadas com ambientais no contexto em que o fato está inserido. Dessa forma, é possível de forma clara antecipar “tanto a ação antes do evento danoso, quanto a probabilidade de resposta de evitá-lo”.³²³

Ao se analisar os riscos inerentes à mineração do urânio, ficou demonstrado seu duplo grau de risco: toxicológico e radiológico. Enquanto o primeiro diz respeito a características químicas de concentração do urânio, o segundo traz à tona o decaimento desse elemento, gerando o radônio. Esse conhecimento é consolidado nas pesquisas científicas, as quais estabelecem diretrizes básicas de medidas de proteção para indivíduos inseridos nas atividades do setor, como por exemplo, a Convenção 115 “Proteção contra as Radiações” da OIT³²⁴, e as Normas de proteção radiológicas da CNEN, como NN 3.01, NE 3.02, e NN 3.05.

Dessa forma, as certezas dos efeitos da atividade são conhecidas e, portanto, evitados ou mitigados os danos. O próprio programa de monitoramento ambiental executado pela INB, tendo como base os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA e diretrizes do IBAMA, compõe elementos de prevenção. Entretanto, conforme será demonstrado nas pesquisas a seguir, essa certeza paira sobre os trabalhadores das minas de urânio, deixando de lado o estudo do impacto das populações adjacentes a esses empreendimentos, ou seja, restando sobre estes a incerteza sobre o risco de dano.

Conforme já citado no tópico de responsabilização, a situação da comunidade de nativos norte-americanos denominada Navajo vivenciou os riscos associados ao urânio, especialmente em uma época em que as noções dos perigos dessa atividade

³²³ CIELO, Patrícia *et al.* **Uma Leitura dos Princípios da Prevenção e da Precaução e seus Reflexos no Direito Ambiental**. Artigo publicado na Revista CEPPG – Nº 26 – 1/2012 – ISSN 1517-8471. Disponível em: http://www.portalcatalao.com/painel_clientes/cesuc/painel/arquivos/upload/temp/a3ccfaf6c2acd18f4fceff16c4cd0860.pdf Acesso em 05 dez. 2022. P. 199

³²⁴ OIT. C115 - Proteção Contra as Radiações. Disponível em: https://www.ilo.org/brasil/convencoes/WCMS_235327/lang--pt/index.htm Acesso em 10 out. 2022.

não eram amplamente conhecidas. Por isso, foi estabelecido o programa de compensação RECA, no qual comprovando-se alguns requisitos, como a empregabilidade nas minas uraníferas durante determinado período, entre outros, haveria a possibilidade de receber uma indenização monetária. Nesse sentido, temos que³²⁵:

As instalações de mineração de urânio produzem rejeitos que geralmente são descartados em reservatórios próximos à superfície da mina. Esses rejeitos representam sérios riscos ambientais e de saúde na forma de emissão de radônio, dispersão de poeira pelo vento e lixiviação de contaminantes, incluindo metais pesados e arsênico na água. Historicamente, em muitos países ao redor do mundo, esses riscos foram politizados, pois afetaram desproporcionalmente as populações de baixa renda e minorias. Por exemplo, de 1944 a 1986, os Estados Unidos extraíram 4 milhões de toneladas de minério de urânio e deixaram 500 minas abandonadas em territórios nativos Navajo. Naquela época, as taxas de câncer de pulmão e outras doenças afetando os navajos que viviam perto da mina aumentaram drasticamente. (tradução nossa)

Outro trabalho ³²⁶, com mineradores de urânio tchecos, franceses e canadenses, avaliando períodos mais recentes da mineração de urânio, conseguiu isolar a influência do tabagismo na pesquisa, reafirmou a relação direta entre o urânio e o radônio, reforçando a necessidade de medidas preventivas para os operários dessa indústria:

O potencial efeito de confusão do tabagismo foi estimado como pequeno e não alterou substancialmente as estimativas de risco de mortalidade por câncer de pulmão por radônio. Esta análise de coorte conjunta fornece fortes evidências de um risco aumentado de mortalidade por câncer de pulmão devido a baixas exposições ocupacionais ao radônio. Os resultados sugerem que as medidas de proteção contra radiação continuam a ser importantes entre os atuais mineradores de urânio. (tradução nossa)

Como foi bastante explanado neste trabalho, está bem estabelecido que altas exposições ao radônio aumentam o risco de mortalidade por câncer de pulmão, o que justifica a adoção de critérios claros de proteção às pessoas que tem na sua atividade laboral bastante contato com esse gás.

³²⁵ LONGSTAFF, Xochitl. The Health and Environmental Impact of Uranium Mining. Stanford University. 2017. Disponível em: <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/longstaff1/> Acesso em 09 jan. 2023.

³²⁶ ZABLOTSKA, Lydia *et al.* Low Radon Exposures and Lung Cancer Risk: Joint Analysis of the Czech, French and Beaverlodge Cohorts of Uranium Miners. **International Archives of Occupational and Environmental Health**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330979348_Low_Radon_Exposures_and_Lung_Cancer_Risk_Joint_Analysis_of_the_Czech_French_and_Beaverlodge_Cohorts_of_Uranium_Miners Acesso em 09 jan. 2023.

Com relação à toxicidade do urânio, também é importante pontuar estudos que comprovem seu impacto ambiental, mesmo já havendo legislação que cuide desse perfil de risco do urânio, o trabalho a seguir apresentado foca na extensão do dano, ou seja, no risco da atividade da mineração do urânio até mesmo quando ela não está mais em operação³²⁷:

Minas inativas ou abandonadas representam uma fonte significativa de impacto ambiental, químico, físico e estético. Dentre as situações preocupantes, a ocorrência de lagoas associadas a minas abandonadas ou semiabandonadas (para sedimentação de sólidos, para neutralização de efluentes ou para lavagem de minério) é uma característica comum neste tipo de sistema. Essas lagoas são uma fonte de contaminação para os recursos hídricos subterrâneos e solos adjacentes, pois carecem de impermeabilização adequada. O uso dessa água para a agricultura também pode representar riscos crônicos para os seres humanos. Em Portugal, estes problemas foram diagnosticados e alguns projetos de remediação foram desenvolvidos. [...] Três lagoas diferentes foram utilizadas na caracterização do sistema aquático da mina Cunha Baixa: uma lagoa de referência (Ref), uma lagoa de tratamento de efluentes de mina (T) e uma lagoa de mina (M). As análises de metais efetuadas às amostras de água destas lagoas revelaram valores que, nalguns casos, foram muito superiores aos valores máximos recomendáveis estabelecidos (especialmente Al, Mn) pela legislação portuguesa para águas de irrigação agrícola. Toxicidade aguda foi observada apenas na lagoa da mina, com valores de EC(50) de 28,4% e 50,4% para *D. longispina* e *D. magna*, respectivamente.³²⁸ (tradução nossa)

O trabalho³²⁹ a seguir faz um apanhado geral dos riscos associados à mineração do urânio e reforça que os estudos sobre esses riscos têm historicamente focado na saúde dos mineradores, criando já um arcabouço científico sobre os riscos laborais dessa atividade, mas ainda pairando as incertezas científicas para com a população adjacente às minas uraníferas, mesmo diante do risco grave de dano:

A mineração de urânio pode contaminar o ar, a água e o solo. A toxicidade química do metal constitui o principal perigo para a saúde ambiental, sendo a radioatividade do urânio uma preocupação secundária. A atualização das evidências toxicológicas sobre o urânio complementa as descobertas estabelecidas sobre nefrotoxicidade, genotoxicidade e defeitos de desenvolvimento. Novos achados toxicológicos adicionais, incluindo alguns no nível molecular, estão surgindo agora, o que aumenta a plausibilidade biológica de efeitos adversos no cérebro, na reprodução, incluindo efeitos estrogênicos, na expressão gênica e no metabolismo do urânio. Historicamente, a maior parte da epidemiologia da mineração de urânio se

³²⁷ Destaca-se que na mina de Caetité não há barragens de rejeitos, nem no Projeto de Santa Quitéria há previsão para implementação de uma. Apenas a mineração em Caldas-MG utilizou barragem de rejeito de urânio.

³²⁸ ANTUNES, S.C.; PEREIRA, R; GONÇALVES, 2007, op. cit., p. 207

³²⁹ BRUGGE, Doug; BUCHNER, Virginia. *Health effects of uranium: new research findings*. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22435323/> Acesso em 09 jan. 2023.

concentrou nos trabalhadores das minas e na exposição ao radônio. [...] Claramente, mais pesquisas epidemiológicas são necessárias para contribuir com a inferência causal. Como muitos danos são irreversíveis e possivelmente cumulativos, os esforços atuais devem ser vigorosos para limitar a contaminação e exposição ambiental ao urânio. (tradução nossa)

Por fim, pontua-se que necessidade de termos um olhar mais atento para as operações da lavra uranífera em atividade atualmente no Brasil, além dos riscos intrínsecos do urânio, também reside na própria condução de gerenciamento da lavra. A “Figura 6” apresentada neste trabalho e o Processo 00016201620145050641³³⁰ do TRT da 5ª Região, em que ficou demonstrado que a INB foi condenada a pagar indenização de R\$ 100 mil reais por danos morais coletivos por tratar diferenciadamente seus funcionários efetivos e os terceirizados no treinamento e nos cuidados com a segurança, apresentam situações de alerta.

Se para os próprios operários, comprovadamente mais expostos aos riscos, já houve indícios de vulnerabilidade na aplicação de medidas de prevenção, há de se investigar se na prática as medidas de precaução para a população em volta estão sendo consideradas de forma eficiente. Um fator preocupante é que diante das lacunas já demonstradas, principalmente com relação à exposição de radônio, o potencial de grave risco de dano nas comunidades em volta ao empreendimento uranífero são grandes, e caso não sejam estabelecidas medidas precautórias, o dano pode ser irremediável, como situação de aumento de câncer de pulmão na região.

3.3.2 O radônio e a mineração de urânio a céu aberto por uma análise pela precaução nos casos de incerteza científica: uma análise pelo princípio da precaução

O pressuposto de incerteza científica levanta alguns embates, como a aparente falta de fundamentação das medidas adotadas em meio a um cenário em que a informação técnica ainda está em construção, ou seja, os dados coletados e apurados

³³⁰ “A empresa deixou de elaborar o PCMSO [Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional] em 2009, de realizar as avaliações de sílica livre cristalizada, apesar do alto índice de concentração, sendo certo, ainda, que os treinamentos dispensados aos trabalhadores terceirizados eram diferenciados, menos detalhados do que aqueles repassados aos empregados efetivos da empresa. Dessa forma, resta patente que a empresa não cuidava da saúde nem do ambiente em que laboravam seus empregados e, mais ainda, os terceirizados”, registrou em sua decisão a juíza Karina Carvalho, titular da Justiça do Trabalho em Guanambi. Tribunal Regional do Trabalho da 5ª Região. TRT-5 - ACO CIVIL PUBLICA: ACP 0001620-16.2014.5.05.0641 BA

podem não conter ou apresentar resultados racionais. Isto inclusive pode acarretar em decisões baseadas em viés político e oportunista³³¹, e não voltadas à gestão e mitigação dos riscos³³².

Apesar de alguns argumentos apontarem o princípio da precaução como “anticientífico” por se basear na incerteza científica, o que se observa é o oposto: “uma das preocupações subjacentes ao princípio da precaução é, preferencialmente, a de permitir a introdução da ciência no âmbito da decisão na esfera pública”.³³³ Conforme já fora falado na introdução, na gestão do risco há grande foco do poder decisório político na aceitação do nível do risco, mas também é fundamental que haja uma construção da percepção do risco, e isso só é possível quando se unem as forças das entidades públicas e privadas, principalmente no âmbito ambiental destacando o papel das ciências:

Hoje, a forma do Estado de direito é condição de legitimidade política; e se a relação entre o público e a ciência encontra-se abalada, isto não se deve a um sentimento anticência, mas, ao contrário, ao fato de o público considerar as ciências como elemento importante da vida política; então, não se admite mais que elas possam desenvolver-se seguindo a livre inspiração dos cientistas e ou de acordo com iniciativas estatais que o público não autorizou. Para terem legitimidade, as escolhas científicas devem atender, como todas as outras escolhas coletivas, as regras do Estado de direito, – não pertencem a uma esfera metajurídica ou metapolítica³³⁴.

Assim, a ciência, bem como seu rigor do procedimento científico, são parte integrante da precaução, e fornece informações validadas que fundamentam as decisões baseadas nesse princípio.

O princípio da precaução procura instituir procedimentos que permitem elaborar uma decisão racional na fase de incertezas e controvérsias, de forma a diminuir os custos sanitários dessa experimentação geral. A racionalidade da decisão vai depender da resposta satisfatória a um conjunto de exigências precisas, trabalhadas na jurisprudência. A mais forte é a exigência de uma avaliação científica dos riscos que antecede toda e qualquer decisão política,

³³¹ Além da necessidade do rigor técnico-científico, são impostos dois limites para que se evitem decisões arbitrárias ou irracionais: a proporcionalidade (toda medida de precaução tem que ser proporcional ao risco em tela), por exemplo, determinado produto que apresenta um possível risco, pode ter suas vendas suspensas provisoriamente até que findam as análises dos dados (os quais devem submeter-se a um reexame periódico em face da aquisição de novos dados científicos), e a análise da precaução deve ocorrer em conjunto com ponderação dos riscos e benefícios das diversas ordens, ou seja, indo além das análises científicas e mensurando os ônus e bônus envolvidos da eventual ação ou omissão – o que em síntese é a gestão de riscos. NOIVILLE, Cristine, 2005. op. cit., p.38-39

³³² Ibidem, p. 34

³³³ Ibidem, p. 34

³³⁴ Ibidem, p. 12

elemento de sua legalidade. Por sua vez, essa avaliação deve atender exigências precisas: os dados sobre os quais ela se baseia hão de ser os “melhores dados científicos disponíveis” (Alpharma), ou os “mais recentes resultados da pesquisa internacional”; as opiniões devem basear-se nos “princípios de excelência, de independência, de transparência e de objetividade”³³⁵

Diante de eventual persistência de incertezas, a autoridade vê-se na imposição de tomar uma decisão. A dúvida que paira seria: “o princípio da precaução autorizaria medidas totalmente irracionais do ponto de vista científico?” A resposta é negativa. A jurisprudência aponta que as condicionantes de dano grave ou mesmo irreversível devem estar fundamentadas com “indicações científicas aparentemente confiáveis e sólidas.”³³⁶

Ou seja, não se pode alegar uma dúvida ou incerteza de caráter amplo e sem comprovação de ao menos indícios que levem a questionar a extensão e gravidade do dano³³⁷. É o que se buscou neste trabalho: o impacto da mineração de urânio já é comprovado por estudos, seja nos trabalhadores do empreendimento ou no meio ambiente em geral. No entanto, ainda pairam incertezas sobre os riscos e extensão dos danos às populações adjacentes às minas de urânio, porém concomitantemente já há estudos que apresentam fortes evidências que relacionam o risco de dano à saúde (principalmente câncer de pulmão) em populações que vivem em locais com alta concentração de radônio – cuja relação com o urânio é diretamente proporcional.

Como exemplo de uma aplicação “menos acertada de fundamentação do princípio precatório” baseada na dúvida genérica, temos que em 2005 foi cancelado o período de caça no Rio Grande do Sul³³⁸, com argumento de prevenção baseado “na dúvida”. Nesse sentido:

O termo “na dúvida” pode remeter à aplicação do princípio da precaução, mesmo que não tenha sido mencionado como argumento. Há uma incerteza de mensuração do dano, uma incerteza sobre a inexistência do dano. Mas a simples menção genérica à incerteza, pode, muitas vezes, enfraquecer um princípio que deveria ser usado com o auxílio de estudos prévios de impactos

³³⁵ HERMITTE, M-A. Os fundamentos jurídicos da sociedade do risco: uma análise de U. Beck. In: VARELLA, Marcelo Dias (org.). Governo dos Riscos; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005, p. 15-16.

³³⁶ A autora inclusive fala em risco “pelo menos plausível”. NOIVILLE, Cristine, 2005. op. cit., p.36

³³⁷ MORAES, Gabriela G.B.; SILVA, Ana Caroline Machado da; CESETTI, Carolina Vicente. op. cit., p.80

³³⁸ TRF (4a Região). *Apelação cível processo nº 2005.04.01.023584-8*. Apelante: IBAMA. Apelada: Movimento Gaúcho de Defesa Animal. Relator: Desembargador Federal Carlos Eduardo Thompson Flores Lens. Rio Grande do Sul, 8 de agosto de 2005.

ambientais, ou por meio de exames periciais, estudos de risco de dano, entre outras técnicas fundadas no princípio da precaução. Apenas com o auxílio de tais estudos é possível uma apuração mais concreta e capaz de propiciar maior segurança jurídica às demandas judiciais³³⁹.

Como formas de apresentar embasamento científicos para a aplicação do princípio da precaução, a seguir serão apresentados alguns estudos e pesquisas que revelam fortes indícios dos riscos da mineração de urânio para a população residente próximo a essa atividade.

Antes, observemos que internamente a análise jurisprudência aponta que apesar de já ser um princípio reconhecido expressamente como princípio constitucional (conforme RE 627.189/SP³⁴⁰, em conexão com o art. 225, parágrafo 1º, incisos IV e V), os tribunais não o aplicam de forma objetiva, resultando em falta de clareza e enfraquecimento sobre o entendimento e aplicação do princípio precautório:

Estas decisões, em sua maioria, invocaram o princípio em suas razões de decidir sem qualquer critério, ou seja, não cuidaram, por exemplo, de apontar eventual incerteza científica acerca das consequências possíveis dos fatos submetidos à análise judicial. A falta de um quantitativo mais expressivo de julgados que tenham se aprofundado na análise dos argumentos de mérito das partes, na busca da verdade real dos fatos, no exame das conclusões de eventuais perícias técnicas ou estudos ambientais prévios ou posteriores ao ajuizamento da lide, contribui para a fragilidade dos precedentes até então produzidos³⁴¹.

Sobre sua aplicação em outros países, destaca-se que não há coesão da maneira em que esse princípio é aplicado:

É interessante apontar que os temas diante dos quais o princípio da precaução é utilizado de modo frequente são diferentes dependendo do país. No Brasil, há um rol de temas bem amplo de uso do princípio, como foi citado acima. No contexto de alguns desses temas há equívocos na utilização do princípio, pois há certeza do impacto ambiental – no lugar de uma incerteza científica – a exemplo de alguns casos relacionados à mineração, à

³³⁹ MORAES, Gabriela G.B.; SILVA, Ana Caroline Machado da; CESETTI, Carolina Vicente. op. cit., p. 80-81.

³⁴⁰ Segundo a profa. Dra. Carina de Oliveira, esse caso pode ser considerado o *leading case* no Brasil, “pois o princípio da precaução encontra-se na razão de decidir como fundamento jurídico central do acórdão [...] Ainda que a aplicação do princípio ainda precise ser lapidada pelos tribunais, pode-se afirmar que a decisão estabeleceu mais critérios objetivos para a aplicação do princípio pelos tribunais.” OLIVEIRA, Carina Costa de. A interpretação do princípio da precaução na área de campos eletromagnéticos: os avanços e os limites na determinação de critérios para a proteção da saúde e do meio ambiente. In: MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). **A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional**. Campinas, SP: Pontes Editores. 2019. p. 113.

³⁴¹ MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). 2019. op. cit., p.19.

exploração de petróleo e às hidrelétricas. Nesses casos o princípio aplicável é o da prevenção. Em outros países outros temas aparecem, como a energia atômica na Argentina. No Chile, o tema dos campos eletromagnéticos foi central na análise do princípio, com contornos jurídicos delimitados de modo similar ao que foi julgado no Brasil. Na França, o princípio foi bastante utilizado na área da saúde e na temática de antenas e campos eletromagnéticos.³⁴²

Conforme já foi dito no item 3.2.2.4, sobre a falta de regulação do radônio, uma pesquisa realizada no Cazaquistão, país com as maiores reservas e maior produção de urânio no mundo³⁴³, relacionou diretamente a maior incidência de câncer nas regiões nas suas regiões com maior presença de mineração de urânio ou de fontes naturais de radiação. Além disso, o tipo de câncer mais comum no país é o de pulmão, cuja maior exposição ao radônio é fator preponderante para seu surgimento.³⁴⁴

Quando se intersecciona a gestão de riscos com o princípio da precaução surgem algumas questões de “critérios e condições sob as quais o risco se torna aceitável ou não”. Esse é o esforço e importância de análise objetiva dos casos concretos em que sejam invocados esse princípio. Como se percebe nos textos dos autores do Grupo de Estudos em Direito, Recursos Naturais e Sustentabilidade, da Universidade de Brasília (GERN), infelizmente, os tribunais nacionais têm aplicado esse princípio de forma imprecisa, aleatória e sem fundamentação em critérios objetivos, o que acaba enfraquecendo essa ferramenta na proteção ambiental e segurança jurídica³⁴⁵.

Com relação ao já citado RE 627.189/SP (importante caso julgado do princípio da precaução no Brasil em sede do STF), dentre os pontos que fazem essa decisão ser destaque no âmbito do princípio da precaução no Brasil, podemos elencar³⁴⁶:

³⁴² Idem, p. 19

³⁴³ WNA. World Uranium Mining Production. 2022. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

³⁴⁴ BERSIMBAEV; BULGAKOVA, 2015. op. cit., p. 1-11.

³⁴⁵ Na referida pesquisa, do total de acórdãos analisados apenas 43% apresentavam algum critério para utilização do princípio da precaução, sendo que nos 57% restantes, esse princípio foi meramente citado ou presente em jurisprudências transcritas, ou seja, sem aplicação de critério algum, evidenciando sua utilização “não-técnica do princípio.” Além disso, parcela significativa dos julgados analisados (43% do total) foram proferidos em sede de cautelar, liminar e/ou agravos, o que quer dizer que não houve um debate aprofundado do mérito do caso – o que resulta em uma construção de jurisprudência menos sólida para o princípio da precaução nos tribunais superiores. MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.) op. cit., 2019. p.18.

³⁴⁶ MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.) op. cit., 2019. p.113-115

a) a consolidação do reconhecimento constitucional do princípio: o princípio da precaução foi reconhecido como ferramenta auxiliar para controle de atividades danosas ao meio ambiente e saúde humana, consagrando o disposto no art. 225, parágrafo 1º, incisos IV e V da CF/88;

b) a identificação de conteúdo para o princípio:

i) o princípio é um componente de gestão de riscos;

ii) a decisão política de atuar ou não há de decorrer da consciência da instância decisória sobre o grau de incerteza relativo aos resultados da avaliação dos dados científicos disponíveis³⁴⁷;

iii) o Estado que impõe como requisito uma aprovação administrativa prévia aos produtos e serviços que considerem perigosos, a priori, devem inverter o ônus da prova, considerando-os perigosos até que os interessados desenvolvam trabalho científico necessário a demonstrar o preenchimento do requisito da segurança e, caso o Estado não exija a referida autorização prévia, caberá às autoridades pública ou ao interessado demonstrar o nível de risco³⁴⁸.

c) a delimitação de critérios objetivos para a sua aplicação, apesar das imprecisões ainda evidentes: o STF elencou os seguintes critérios como possibilidade de aplicação do princípio da precaução: incerteza científica; gravidade do risco; proporcionalidade ao nível de proteção escolhido; razoabilidade da medida; e não-discriminação na sua aplicação.

Ressalta-se ainda que o princípio da precaução gera alguns efeitos processuais, como: a transferência do ônus da prova aos seus proponentes e não às vítimas ou possíveis vítimas; a exigência de perícia; o uso de medidas cautelares; o emprego de processos democráticos de decisão e acompanhamento dessas ações, com destaque para o direito subjetivo ao consentimento informado³⁴⁹.

Apesar de ser considerado um *leading case* para a aplicação do princípio da precaução no Brasil, ainda se considera que a decisão consagrou este princípio de

³⁴⁷ Esse ponto evidencia a participação política na gestão do risco.

³⁴⁸ MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.) op. cit., 2019, p. 114

³⁴⁹ Ibidem, p. 115

forma branda, flexível, ou fraca³⁵⁰ – a depender do autor³⁵¹. No referido caso alguns critérios foram mais detalhados, enquanto outros basicamente apenas citados: “Os critérios que foram objeto de análise preliminar e, portanto, ainda sujeita à lapidação foram: a incerteza científica, a gravidade do risco, a proporcionalidade, a razoabilidade e a participação democrática. Os critérios que foram meramente citados foram: a inversão do ônus da prova e a indicação da existência de medidas alternativas.”³⁵²

Pontua-se que, de modo geral, a versão fraca é a mais adotada pelos tribunais nacionais, e mesmo quando é adotada a versão forte, observa-se falta de critérios que fundamentem essa decisão. Portanto, a questão não está em se decidir pela versão branda ou firme, mas sim criar mecanismos coesos de construção jurisprudencial que apontem para uma direção de segurança jurídica (e também ambiental) da aplicação do princípio da precaução.

Por fim, destaca-se que o princípio precautório, além da sua importância inerente, também abarca outros elementos principiológicos, como os princípios de informação e de transparência. Enquanto o direito à informação contribui com a gestão de riscos em formato mais individualizado, como “etiquetagem de produtos alergênicos” ou coletivo, como “ações de boicote” e mesmo a escolha de aceitar ou não o risco “etiqueta dos OGM, divulgação dos locais de aterro de lixo, etc.”, a transparência está ligada em aspectos mais gerais de acesso a informações. Ela fornece dados e fontes cujas informações são base para participação e discussão política dos riscos³⁵³.

³⁵⁰ Ressalta-se que em sede do TJSP, no entanto, verificou-se a aplicação “forte” desse princípio, pois, houve interrupção da atividade até a conclusão dos estudos periciais.

³⁵¹ “[...] é possível classificar as manifestações jurídicas do princípio da precaução segundo a amplitude de sua aplicação. Fala-se, assim, numa versão forte (*strong version*) e numa versão fraca (*weak version*). A versão forte é aquela aplicável diante de qualquer medida de risco possível. A versão fraca, por sua vez, limita sua aplicação à verificação de três elementos: riscos altamente prováveis, danos graves e iminentes e medidas para evitar sua ocorrência economicamente viáveis. Ambas as versões, que representam visões extremas, possuem variantes, assim como podem ser alvo de críticas”. ARAÚJO, Fernanda Castelo Branco; BOMBAKA, Harvey Mpototo; COELHO, Luciana Fernandes. As Rotas Traçadas pelas Cortes Internacionais na Aplicação da Precaução em Casos sobre a Proteção do Meio Ambiente Marinho: a Contribuição Encabeçada pelo Tribunal do Mar. *In: In: MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional*. Campinas, SP: Pontes Editores. 2019. p. 314.

³⁵² OLIVEIRA, 2019. op. cit., p. 115

³⁵³ HERMITTE, 2005, op. cit., p.16-17.

Como exemplo prático desse desdobramento, além da obrigatoriedade do Estudo de Impacto Ambiental, a INB constantemente elabora relatórios ambientais, buscando justificar que seu impacto é mínimo – ou seja, os riscos estariam dentro do limite do aceitável. No entanto, como fora visto, no já citado artigo “A mineração de urânio em questão: análise da comunicação pública das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Caetité, Bahia”, é observado como existe uma deficiência na comunicação à população vizinha ao empreendimento da lavra de urânio.

Diante de toda a teoria exposta, fica claro que o princípio da precaução é um princípio de ação, ou seja, exige um esforço jurídico (estabelecer critérios para sua aplicação, na busca de se garantir a proteção ambiental e da saúde humana) e técnico (pois a incerteza científica não se limita a mera dúvida, mas sim em pesquisas que colocam em xeque determinados paradigmas ou apresentam fortes indícios de dano com relação a uma situação que já estava pacificada, por assim dizer).

Um ponto nodal que circunda o princípio da precaução é a prova do risco. Em que pese o TCU³⁵⁴ haver determinado que o IBAMA³⁵⁵ realizasse estudos de contaminação do lençol freático na região de Lagoa Real (município que era distrito de Caetité e que se localiza próximo à lavra uranífera em atividade, além da já afirmada necessidade de reavaliação constante dos riscos, os riscos concernentes ao radônio não foram elemento de perícia desse órgão.

No que concerne à prova do risco, os artigos de todas as partes do livro fazem sempre referência à dificuldade de se provar o risco de uma atividade diante da qual há incerteza científica quanto aos possíveis danos. [...] No direito comparado, os autores fizeram ressalvas quanto à dificuldade de configuração dos efeitos do princípio da precaução em razão da dificuldade de provar o risco. Nos artigos que analisam o direito internacional, essa dificuldade também foi evidenciada, pois além da prova do risco de um dano grave e irreversível, deve ser provado que existe uma probabilidade de sua ocorrência, como foi visto no caso das baleias na Corte Internacional de Justiça³⁵⁶.

³⁵⁴ Conforme Acórdão nº 1226/2022, Acórdão 1058/2018-TCU-Plenário e processo TC 020.403/2016-0

³⁵⁵ Ressalta-se também que “No Brasil, as agências reguladoras e diversos órgãos do poder executivo elaboram padrões, monitoram e fiscalizam medidas de proteção ao meio ambiente. Contudo, toda a estrutura institucional está baseada principalmente no princípio da prevenção.” MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). 2019. MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.) op. cit., 2019. p. 24.

³⁵⁶ MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). 2019. op. cit., p. 24

Nesse sentido, seguem alguns estudos e pesquisas que trazem fortes evidências de risco grave de dano para as populações que vivem em comunidades próximas a atividades de lavra de urânio.

Um estudo³⁵⁷ utilizando dentes humanos como bioindicadores de uma amostragem da população do município de Caetité, onde há a única mina de urânio em operação atualmente no país, apontou que:

Com relação a Caetité verificamos então que a concentração média de urânio medida em dentes de seus residentes (52,3 ppb) é 100 vezes maior do que a média mundial (0,5 ppb). 3 – Admitindo-se que a correlação entre urânio incorporado e urânio ingerido seja aproximadamente linear, concluiríamos que em Caetité a sua população ingere 100 vezes mais urânio do que a média mundial. Pela tabela 10 verificamos que a ingestão média mundial de urânio é igual a 1 e 2 µg U/dia, para alimentos e água, respectivamente. Então, em Caetité esses valores seriam superiores a 100 e 200 µg U/dia.

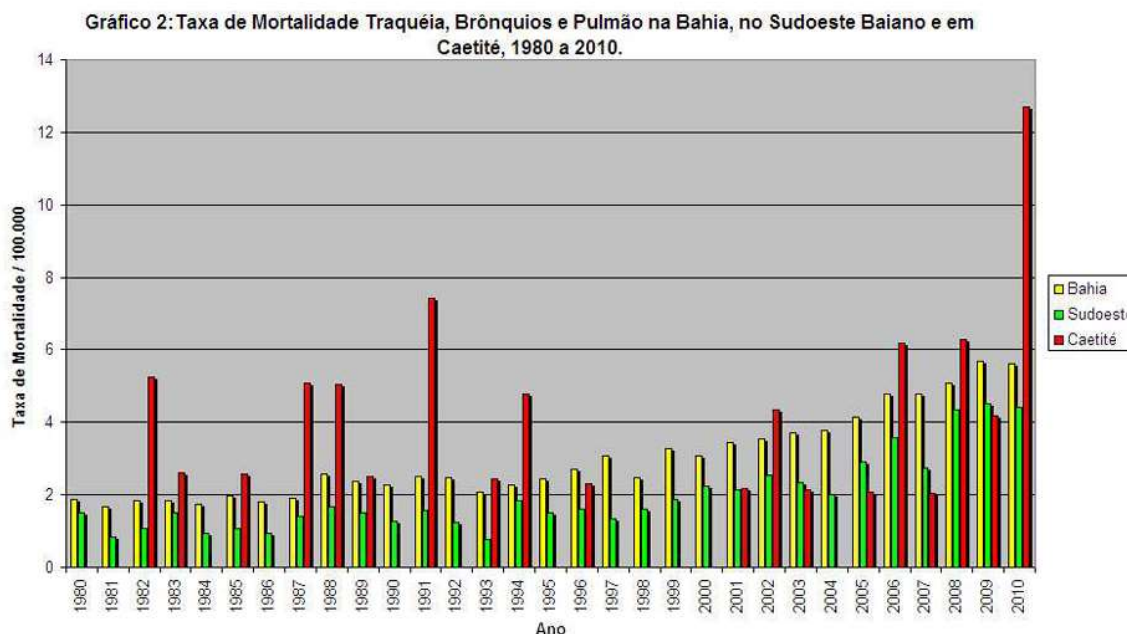
Ainda especificamente no contexto de Caetité como cenário da única mina de urânio no Brasil, outro estudo³⁵⁸ analisando a mortalidade por câncer nessa cidade, comparando com taxas da Bahia e região sudoeste do estado (onde está localizada Caetité), entre 1980 e 2010, apontou que:

De uma maneira geral as tendências dos aumentos médios anuais das taxas de mortalidade por cânceres são bem similares entre as três regiões, com ressalvas descritas nos tópicos seguintes. Houve diferença quanto à tendência de aumento médio anual das taxas de mortalidade de Caetité para os cânceres de pulmão nas pessoas menores do que 50 anos de idade, sobretudo, nas mulheres com essa faixa etária em que foi encontrado um aumento de 6,27 vezes superior quando comparado com o Estado da Bahia

³⁵⁷ PRADO, Geórgia Reis. Estudo de Contaminação Ambiental por Urânio no Município de Caetité-BA, utilizando dentes humanos como bioindicadores. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente - UESC.2007. Disponível em: <http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200560033D.pdf> Acesso em 09 jan. 2023. P. 105

³⁵⁸ PEREIRA, Thomás Caires. Mortalidade por câncer no município de Caetité, Bahia, de 1980 a 2010. Monografia de Conclusão do curso médico da Faculdade de Medicina da Bahia da Universidade Federal da Bahia, apresentada ao Colegiado do Curso de Graduação em Medicina. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/10846/1/Thom%C3%A1s%20Caires%20Pereira.pdf> Acesso em 09 jan. 2023. P. 18

Figura 19: Taxa de Mortalidade Traqueia, Brônquios e Pulmão na Bahia, no Sudoeste Baiano e em Caetité, 1980 a 2010.



Fonte: CAIRES, 2013. p. 11.

A precaução aplicada de forma correta – ou seja, fundamentada na situação de incerteza científica e identificação de grave risco de dano – e direcionando medidas de precaução coesas com esses fundamentos, é importante para inclusive evitar decisões com alto teor subjetivo, como o que se mostra a seguir, retirado do Processo 0042300-53.2008.5. 05.0641, em que a juíza, para tratar do tema da mineração de urânio em Caetité, citou “Einstein”, “bomba atômica” não fez diferenciação do acidente nuclear (*Chernobyl*) e acidente radiológico (Césio 137 em Goiânia), bem como não escondeu o teor da personalidade, muito baseada no já citado fenômeno da *Radiophobia*, na decisão, *in verbis*³⁵⁹:

Preambularmente, diante das alegações reiteradas do patrono da acionada [...] a Juíza Titular dessa unidade jurisdicional, como cidadã, assim como milhares de pessoas no mundo, teme a ameaça da energia nuclear. Não obstante reconhecer os avanços desse tipo de energia na medicina curativa, os acidentes nucleares como os das usinas de Chernobyl e da cápsula de Césio 137 em Goiânia dispensam comentários, acerca dos riscos da era nuclear. Curiosamente, Albert Einstein o criador da teoria da relatividade – cujo desenvolvimento das pesquisas permitiram o

³⁵⁹ FILADELFO, Fagner Sampaio. O meio ambiente de trabalho: um estudo sobre os processos trabalhistas já sentenciados que envolvem a mineração de urânio no município de Caetité-BA. Revista de Direito do Trabalho. vol. 182. ano 43. p. 157-172. São Paulo: Ed. RT, outubro 2017.

desenvolvimento da bomba atômica, lançada pelos Estados Unidos da América nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, durante a 2ª guerra mundial se arrependeu amargamente de seu projeto e da famosa missiva com o anexo que enviou ao Presidente Roosevelt em 1945. Seu arrependimento, no final da vida, o levou a organizar, juntamente com três grandes humanistas, o britânico Bertrand Russel, o brasileiro Josué de Castro e o francês Jean Paul Sartre, o Tribunal Russel em 1967, que lutou acendradamente contra a corrida armamentista nuclear das potências, durante a Guerra Fria, e contra a Guerra do Vietnã. **Como humanista e pacifista, a Magistrada teme, e não faz segredo de seu temor, da proliferação da energia nuclear no planeta.** Ressalte-se, por oportuno, que, por força da integração das normas constitucionais e da vinculação horizontal dos entes privados para como os Direitos Humanos, defender a natureza e o planeta é obrigação que decorre dessa vinculação. (...) É natural que a população local tema os riscos e consequências das atividades da INB – Indústrias Nucleares do Brasil. Creio que a melhor maneira de amenizar esse temor é agir com transparência e respeito às normas de segurança. O temor da população local levou, no último 07 de novembro, o MPF a realizar na cidade de Caetité uma Audiência Pública. Os Procuradores Federais Flavia Galvão Arruti e Ramiro Rockenbach da Silva Matos Teixeira de Almeida, considerando a gravidade das denúncias, determinaram o prosseguimento das investigações. (...). Desse modo, tomando a população e seus operários aliados no combate aos riscos e prevenindo possíveis acidentes que, naturalmente, toda atividade industrial gera, em especial uma mina e uma usina de processamento de material radioativo. (...). (grifo nosso)

Para sanar a inquietação da incerteza de forma genérica perante o Judiciário, um caminho seria a maior exigência de estudos e perícias científicas capazes de munir as autoridades decisórias de critérios objetivos para sua fundamentação:

Embora a incerteza seja tratada de forma genérica no Judiciário, pela análise voltada a casos cíveis relacionados à proteção da fauna, é possível desenvolver o raciocínio segundo o qual, ao critério da incerteza científica, pode ser incorporada a exigência de estudos e perícias trazidas como prova ao Judiciário. Esta seria a aplicação do princípio da precaução como auxiliar nas regras processuais de condução da prova em juízo³⁶⁰.

Ainda sobre a aplicação do princípio precautório em sede dos tribunais judiciais, deve-se ter em mente a proteção do meio ambiente e garantia da qualidade de vida sadia para as gerações presentes e futuras. Para tanto, conforme vem sendo abordado, é preciso superar alguns obstáculos³⁶¹:

³⁶⁰ MORAES, Gabriela G.B.; SILVA, Ana Caroline Machado da; CESETTI, Carolina Vicente. op. cit., p.83

³⁶¹ FERREIRA, Fabrício Ramos. A aplicação do princípio da precaução pelo Tribunal Regional Federal da 1a região: razões para a necessidade do estabelecimento de critérios para o seu uso pela jurisprudência. In: MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). **A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional.** Campinas, SP: Pontes Editores. 2019. p. 53-54

- Abstração do conceito;
- A definição (ou a falta desta) para que se aponte como os riscos devem ser evitados e como fazê-lo;
- Os perigos inerentes à aplicação do princípio em sua versão “forte” (*deep ecology*), na qual se tenta impedir todos os danos ao ambiente, transformando-o então em um elemento congelante da atividade econômica e um prejuízo para a pesquisa científica;
- A possibilidade de decisões arbitrárias; e
- A necessidade de atenção ao princípio da proporcionalidade.

Nesse sentido, o autor elenca 7 variáveis que devem ser consideradas quando da aplicação do princípio precautório: proatividade; responsabilidades proporcionais; preparação para providenciar espaços ecológicos e margens de erro; reconhecimento do bem-estar e interesses de entidades não humanas; inversão no ônus da prova para aqueles que propõe a mudança; preocupações sobre os impactos intergeracionais; e reconhecimento da necessidade de direcionar os débitos ecológicos àqueles que se aproveitarão dos lucros ou benefícios do empreendimento³⁶².

Diante do exposto fica demonstrada a urgente criação de parâmetros sólidos para o uso do princípio da precaução, bem como atesta o motivo deste trabalho ter se debruçado na explicação sobre o risco duplo do urânio – seus efeitos toxicológicos e radioativos e lacunas jurídicas para a atividade da mineração uranífera. Operadores do Direito que não tenham claro essas definições e conceitos incorre em decisões mau alicerçadas em argumentos que não conectam de forma evidente os fatos e provas com a justiça ambiental.

Como já demonstrado, a participação política na gestão do risco é bastante relevante, uma vez que são as autoridades públicas as responsáveis pela tomada de decisão – aceitação do nível de risco e ponderação dos ganhos e perdas de determinada escolha. Nesse sentido, podemos observar que a incerteza científica, juntamente com o risco grave de dano, se evidencia inclusive por exemplos concretos de decisão política: a diretora da Atenção Especializada da Secretária de Saúde do Estado da Bahia, Alcina Romero, em entrevista para o jornal Estadão, no contexto do

³⁶² Ibidem, p. 54-55

projeto de instalar uma Unidade de Alta Complexidade em Oncologia (UNACON) em Caetité (que inclusive já está em funcionamento desde novembro de 2020)³⁶³, disse³⁶⁴:

Por que escolhemos Caetité? Porque se observa que, há um bom tempo, que essa região apresenta um número de novos casos de câncer superior ao número de casos de todo o Estado. Há uma prevalência. O câncer tem um comportamento diferente nessa região.

[...]

Se você me perguntar se esses casos de câncer têm ligação direta com a questão da implantação da mineração e produção de urânio, eu lhe digo que, até hoje, nenhum estudo que tenha nos chegado oficialmente comprova isso. Mas se vemos que temos um número maior de câncer nessa região, nós podemos inferir.

Por fim, pontua-se que o princípio da precaução é dinâmico: ele exige um constante ciclo de “estudos-limites-atualização”. Em outras palavras, a abordagem precatória demanda múltiplas etapas: “o conhecimento dos riscos, o constante aprimoramento desse conhecimento, além da perspectiva participativa capaz de retratar o funcionamento de um Estado democrático de direito gerencial e não apenas burocrático.”³⁶⁵

Dessa forma, fica evidente que há fortes indícios (conforme demonstrado neste último item do desenvolvimento do trabalho) que reforçam uma situação de potencial risco de dano grave para as populações residentes adjacentes à empreendimentos de lavra de urânio. Nesse contexto de vulnerabilidade, principalmente em que não se vislumbram normativos que possam abarcar essa situação de risco, o princípio da precaução se mostra como uma ferramenta eficiente para garantir maior proteção ambiental e à saúde das pessoas dessas comunidades.

Reforça-se, mais uma vez, que se trata de uma situação de incerteza científica pautada em bases sólidas de dúvida, e não no mero questionamento vazio de potencial risco, e que pode fornecer elementos propícios a um questionamento no âmbito administrativo ou judicial a fim de se assegurar a proteção conforme

³⁶³ “Hospital do Câncer é inaugurado em Caetité com oferta de atendimento a 48 municípios”. GOVERNO DA BAHIA. Disponível em: <http://www.saude.ba.gov.br/2020/11/11/hospital-do-cancer-e-inaugurado-em-caetite-com-oferta-de-atendimento-a-48-municipios/> Acesso em 09 jan. 2023.

³⁶⁴ “Governo baiano admite maior incidência de câncer em região contaminada por urânio” ESTADÃO. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/brasil/governo-baiano-admite-maior-incidencia-de-cancer-em-regiao-contaminada-por-uranio/> Acesso em 09 jan. 2023.

³⁶⁵ MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). **A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional**. Campinas, SP: Pontes Editores. 2019. p. 25

pressupostos constitucionais do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (art. 225).

3.4 Breves conclusões gerais do capítulo

Como se pôde observar, as lacunas normativas diante do risco trazido pela atividade de mineração de urânio se dão tanto na ordem internacional quanto nacional. Internacionalmente, as fontes do direito são omissas com relação a essa atividade, e tal omissão observa-se presente na abstenção da Agência Internacional de Energia Atômica em tratar da gestão de risco minerária de forma mais veemente, mesmo que esta não seja sua função primordial, devido aos avanços não só da atividade de extração de urânio, como também do Direito Internacional Ambiental, espera-se que a Agência possa aprofundar nas problemáticas que circundam a mineração uranífera. Paralelamente, não se encontra acordos e tratados com esse tema, e por fim as Cortes Internacionais não têm discussão da mineração de urânio em seu âmbito.

Em sede do Direito Interno, a lei básica do setor nuclear brasileiro, Lei Nº 4.118/1962 bem como as inovações legais subsequentes pecam em não abordar a mineração de urânio de forma mais adequada. Em complemento, as normas da CNEN e omissão do CONAMA diante do problema ambiental e de saúde que é a falta de controle de exposição ao gás radônio representam uma grande lacuna no ordenamento jurídico nacional.

Além disso, ferramentas como o licenciamento nuclear, que apesar de ser duplo, e a responsabilização nuclear, por não incluir a mineração de urânio, demonstram não serem totalmente eficientes diante do cenário de risco vislumbrado neste trabalho.

Assim, entre a certeza e a incerteza jurídica da extensão dos danos atrelados à mineração de urânio, apresentou-se o princípio da prevenção como meio de proteção ambiental e da saúde humana nas situações de dano comprovadamente existentes e o princípio da precaução como ferramenta de proteção nos casos de incerteza científica, porém embasados em fortes indícios de danos graves.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todo o exposto, observa-se que a atividade da mineração de urânio apresenta importantes lacunas jurídicas que podem comprometer o desenvolvimento sustentável e gerar grave risco de dano à saúde humana, particularmente em comunidades vizinhas aos empreendimentos uraníferos, cuja vulnerabilidade não é abrangida por disposições legais ou mesmo em ações de mitigação de impacto suficientes.

As lacunas são de ordem internacional, por meio da omissão da AIEA, não abordagem da atividade da mineração do urânio no âmbito de tratados e acordos internacionais e cortes internacionais, bem como na seara doméstica, em que a legislação concentra o duplo risco desse elemento (toxicológico e radiológico) em um único fator de risco.

A divisão e consideração do duplo risco do urânio é fundamental para que haja uma maior compreensão do risco associado a essa atividade, uma vez que a presença do urânio natural está diretamente relacionada ao aparecimento do gás radioativo radônio, o qual, segundo dados da OMS, é a segunda maior causa de câncer de pulmão no mundo (ficando atrás apenas do tabagismo), assim como, em média, representa mais da metade da radiação de ordem natural recebida pelas pessoas durante sua vida.

Apesar desse evidente potencial de risco, não se percebe uma regulação sólida no Brasil para mapeamento e controle de exposição ao radônio. Mesmo na região de exploração mineral uranífera, não há uma política de saúde para buscar informar a população do potencial risco, apresentando o problema, e também desenvolvendo soluções mitigadoras.

Se enquanto para os trabalhadores na mina as medidas cabíveis são da natureza do princípio da prevenção, conforme diretrizes estabelecidas pela AIEA e CNEN, uma vez que já é comprovado os efeitos danosos do radônio, bem como os perigos toxicológicos do urânio no seu manuseio laboral, ainda resta incerteza científica dos danos na população adjacente a esses empreendimentos – e até mesmo em locais com solo rico em urânio.

No contexto em que já foi realizada a escolha política de se minerar o urânio no Brasil, inclusive com projetos de expansão da atividade, como a flexibilização para participação de entidades privadas e o Projeto de Santa Quitéria, é fundamental a adoção de medidas precautórias para garantir a segurança da saúde humana dessas populações em situação de maior vulnerabilidade pela exposição aos riscos associados ao urânio *in natura*.

No entanto, o que se percebe é que os parâmetros atuais de monitoramento dos riscos, principalmente referente às comunidades vizinhas aos empreendimentos uraníferos, são deficitárias. Como exemplo disso não se observa o monitoramento ambiental sendo desempenhado por entidades independentes ou mesmo associações que representem as populações que sofrem diretamente o impacto, e eventual dano, bem como a falta de regulação do radônio é um sério obstáculo para o alcance da proteção da saúde humana dos moradores adjacentes às grandes minas de urânio.

Assim, diante da natureza de ação do princípio da precaução, a seguir são apresentadas algumas sugestões na busca de auxiliar na resolução de alguns dos problemas apresentados.

Por tudo o que foi analisado e exposto, fica evidente a necessidade de mudanças na regulação ambiental da mineração de urânio no Brasil. A gestão do risco que circunda essa atividade demanda mudanças que envolvem esforços científicos e jurídicos na busca de uma atividade com mais critérios objetivos e claros de controle e monitoramento, e dessa forma, no que for cabível, sejam adotadas medidas de precaução e prevenção. A seguir algumas delas vislumbradas durante a construção dessa pesquisa estão dispostas:

- 1) Reconhecer, para fins legais, o duplo risco do urânio, ou seja, considerando-o como metal pesado (tóxico) e também como radioativo. Com base nisso, desenvolver normativos específicos para o urânio *in natura* nas regiões onde há riquezas desse elemento no solo, seja ele explorado economicamente ou não, reforçando mecanismos de precaução e prevenção;
- 2) Criação de uma política nacional de conscientização, controle e mapeamento do radônio. Neste quesito, estipular ações de medições dos níveis de radônio

em regiões com solo rico em urânio – principalmente em locais vizinhos à empreendimentos de lavra desse minério;

- 3) Fazer um acompanhamento junto à rede pública de saúde dos locais em que existem lavras de urânio em operação, agregando entidades de saúde pública em todos os níveis federativos, a fim de criar um banco de dados coeso para identificar padrões de neoplasia, ou qualquer outra anomalia, principalmente de acompanhamento de frequência de disfunções renais e distúrbios pulmonares, uma vez que, conforme apontado em pesquisas, são órgãos mais propícios aos efeitos da toxicologia do urânio e da radiação do radônio, respectivamente;
- 4) Impor a criação de um regime sólido de parâmetros comparativos dos teores de substâncias contaminantes e radioativas de determinado empreendimento, e que periodicamente sejam feitas análises avaliativas para comparação, principalmente baseado no avanço científico para o setor, e sendo os resultados de divulgação obrigatória para os entes fiscalizadores e população afetada, sendo que para este último grupo (potenciais vítimas), os dados sejam apresentados de forma clara, a fim de que possam ter a reação noção dos impactos de risco que estão sujeitos.

Se para a aplicação eficiente do princípio da precaução é necessário um apanhado probatório robusto, este trabalho, ao buscar consolidar vários estudos e pesquisas sobre o risco relacionados ao urânio, focado especificamente na etapa de exploração mineral, pode compor parte da fundamentação para eventuais embasamentos requisitórios ou decisórios na temática da atividade minerária uranífera do Brasil.

Por fim, por se tratar de um tema relativamente pouco estudado no campo jurídico nacional, é importante que mais pesquisadores possam ter esse singelo trabalho como base para futuras e profícuas produções acadêmicas, na busca de ao mesmo tempo desvendar e apresentar soluções jurídicas para as questões levantadas, bem como lutar para garantir o desenvolvimento ambiental sustentável dessa atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABACC. “Sobre a ABACC”. Disponível em: <https://www.abacc.org.br/a-abacc/sobre-a-abacc/> Acesso em 09 jan. 2023.

AGÊNCIA BRASIL. “Governo estuda construção de seis usinas nucleares até 2050”. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-09/governo-estuda-construcao-de-seis-usinas-nucleares-ate-2050> Acesso em 09 jan. 2023.

AGÊNCIA SENADO. “Emenda que quebra monopólio sobre radioisótopos será promulgada na terça”. 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/04/19/emenda-que-quebra-monopolio-sobre-radioisotopos-sera-promulgada-na-terca> Acesso em 09 jan. 2023.

AIEA. : “*Frequently Asked Chernobyl Questions*”. Disponível em: <https://www.AIEA.org/newscenter/focus/chernobyl/faqs> Acesso em 09 jan. 2023.

AIEA. “Depleted Uranium”. Disponível em: <https://www.AIEA.org/topics/spent-fuel-management/depleted-uranium> Acesso em 09 jan. 2023. Online

AIEA. “*Fukushima Daiichi Accident*”. 2022. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

AIEA. *Environmental Contamination from Uranium Production Facilities and their Remediation*. 2004. Disponível em: https://www-pub.AIEA.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1228_web.pdf Acesso em 09

AIEA. Handbook on Nuclear Law. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003.

AIEA. Safety Standards for Protecting People and the Environment. 2006. Disponível em: https://www-pub.AIEA.org/MTCD/publications/PDF/Pub1273_web.pdf Acesso em 09 jan. 2023.

ALBUQUERQUE, Bruno César Dias de. Radioatividade natural: instrumentos legais e normativos no Brasil e interações do radônio outdoor com variáveis micrometeorológicas no planalto da Borborema. Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, associação ampla em Rede, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2022

AMBIENTE BRASIL. Pronar – Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/urbano/programas_e_projetos/pronar_-_programa_nacional_de_controle_de_qualidade_do_ar.html Acesso em 05 jan. 2023.

ANDRADE, Priscila Pereira de. A emergência do direito transnacional ambiental. **Revista de Direito Internacional**, Brasília, v. 13, n. 3, 2016 p. 17-28;

ANTUNES, Paulo de Bessa. “Prescrição em Matéria Ambiental”. 2019. Disponível em: <https://direitoambiental.com/prescricao-em-materia-ambiental/> Acesso em 09 jan. 2023.

ANTUNES, S., Pereira, R. & Gonçalves, F. Acute and Chronic Toxicity of Effluent Water from an Abandoned Uranium Mine. *Arch Environ Contam Toxicol* 53, (2007). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-006-0011-9#citeas> Acesso em 01 dez. 2022. P. 207–213

ARAGÃO, Alexandre Santos de. A Responsabilidade Civil e Ambiental em Atividades Nucleares. *Revista de Direito Administrativo – RDA*. 2016. Rio de Janeiro, V. 271. P. 71-72.

ARGONNE NATIONAL LABORATORY. “*Uranium Health Effects*”. Disponível em: <https://web.evs.anl.gov/uranium/guide/ucompound/health/index.cfm> Acesso em 09 jan. 2023.

ARPANSA. Radon Map of Australia. Disponível em: <https://www.arpansa.gov.au/understanding-radiation/radiation-sources/more-radiation-sources/radon-map> Acesso em 07 jan. 2023.

ARRUDA, Carmen Silvia Lima de. Princípios do Direito Ambiental. **Revista CEJ**, Brasília, Ano XVIII, n. 62, p. 96-107, jan./abr. 2014. Disponível em: <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r35861.pdf> Acesso em 07 dez. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Após nova análise, Bahia confirma contaminação de água por urânio”. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/6993/apos-nova-analise-bahia-confirma-contaminacao-de-agua-por-uranio> Acesso em 09 jan. 2023.

ASSUNÇÃO, Linara Oeiras. O Licenciamento Ambiental Brasileiro e as Possibilidades de Participação Popular. **Revista Eletrônica Direito e Sociedade**. Canoas, V. 6,N.2, 2018.

ATSDR .“*ToxFAQs for Uranium*”. Disponível em: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxFAQs/ToxFAQsDetails.aspx?faqid=439&toxid=77> Acesso em 09 jan. 2023.

ATSDR. “*Uranium Overview*”. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/sites/toxzine/uranium_toxzine.html Acesso em 09 jan. 2023.

BANDARA, Leonardo Carvalho Leite Azeredo; MARTUSCELLI, Patrícia Nabuco. A Institucionalização da Política Internacional Nuclear: entre a não proliferação de

armas e a prevenção contra acidentes. Instituto de Gestão Pública e Relações Internacionais – IGEPRI. Unesp. **Brazilian Journal of International Relations**. Vol. 6. Ed. 3. 2017.

BARBOSA, Luiza Nogueira; MOSCHEN, Valesca Raizer Borges. O direito transnacional (“global law”) e a crise de paradigma do estado-centrismo: é possível conceber uma ordem jurídica transnacional? **Revista de Direito Internacional**, Brasília, v. 13, n. 3, 2016 p. 145-158.

BARRETO, Rafael Zelesco. “Quando um não sabe, dois não litigam? O caso das Ilhas Marshall contra os Estados detentores de armas nucleares.” *Revista da Faculdade de Direito da UFMG*, Belo Horizonte, n.73, p.605-637, jul-dez. 2018

BARROS, Adriano Celestino Ribeiro. Ensaio Jurídico Sobre o Dano Nuclear no Direito Brasileiro. **Planejamento e Políticas Públicas**. 2011.

BBC NEWS BRASIL. “O que é urânio enriquecido e por que ele está no centro da tensão entre EUA e Irã”. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-48959003> Acesso em 09 jan. 2023.

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

BERSIMBAEV, R.I.; BULGAKOVA, O. *The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan*. **Genes and Environ** 37, 18 (2015). Disponível em: <https://genesenvironment.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41021-015-0019-3#citeas> Acesso em 02 dez. 2022.

BRUGGE, Doug; BUCHNER, Virginia. *Health effects of uranium: new research findings*. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22435323/> Acesso em 09 jan. 2023.

BRUGGE, Doug; GOBLE, Rob. The History of Uranium Mining and the Navajo People. 2002. **Public Health Then and Now**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3222290/pdf/0921410.pdf> Acesso em 09 jan. 2023

BRÜSEKE, Franz Josef. Risco Social, Risco Ambiental, Risco Individual. **Papers do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)**. Belém, 1996. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/pnaea/article/view/11920/8247> Acesso em 03 jan. 2023.

BURNS, Stephen. *Milestones in Nuclear Law: A Journey in Nuclear Regulation*. In: **Nuclear Law – The Global Debate**. Asser Press. Vienna. 2022

CAETITÉ. Lei Orgânica do Município de Caetité-Bahia. Disponível em: <http://www.caetite.ba.leg.br/site/wp-content/uploads/2015/11/lei-organica-municipal.pdf> Acesso em 05 jan. 2023.

CAMECO. “*Cigar Lake*”. Disponível em: <https://www.cameco.com/businesses/uranium-operations/canada/cigar-lake> Acesso em 09 jan. 2023.

CAMECO. “*Supply & Demand*”. Disponível em: <https://www.cameco.com/invest/markets/supply-demand> Acesso em 08 fev. 2023.

CARROLL, Erika. “*The Discovery of Radon in Homes: The Story of Stanley Watras*”. ELLIOTT AND ASSOCIATES. Disponível em: <https://www.radonillinois.com/the-discovery-of-radon-in-homes-the-story-of-stanley-watras/> Acesso em 09 jan. 2023

CASTRO, Ricardo Manuel. A Responsabilidade do Município no Enfrentamento das Ocupações em Áreas de Risco. Cadernos Jurídicos, São Paulo, ano 20, nº 52, 2019.

CAUBET, Christian Guy *In*: VARELLA, Marcelo Dias (org.) **Governo dos Riscos**; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005.

CAVALIERI FILHO, Sergio. Programa de Responsabilidade Civil. 5ª edição. São Paulo. Ed Malheiros, 2004.

CCOHS. “*Radiation - Quantities and Units of Ionizing Radiation*”. Disponível em: https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ionizing.html Acesso em 09 jan. 2023.

CDC. “*Cancer Clusters*”. Disponível em: <https://www.cdc.gov/nceh/clusters/fallon/uraniumfaq.htm> Acesso em 15 nov. 2022.

CETESB. “Radônio”. 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2019/01/Rad%C3%B4nio.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

CIELO, Patrícia *et al.* **Uma Leitura dos Princípios da Prevenção e da Precaução e seus Reflexos no Direito Ambiental**. Artigo publicado na Revista CEPPG – Nº 26 – 1/2012 – ISSN 1517-8471. Disponível em: http://www.portalcatalao.com/painel_clientes/cesuc/painel/arquivos/upload/temp/a3ccfaf6c2acd18f4fceff16c4cd0860.pdf Acesso em 05 dez. 2022.

CIJ. Request for an examination of the situation in accordance with paragraph 63 of the court's judgment of 20 december 1974 In the nuclear tests (New Zealand v. France) case. Disponível em: <https://www.icj-cij.org/en/case/97> Acesso em 08 jan. 2023. P.84.

CNEN. “CNEN e AIEA assinam acordo de cooperação em Direito Nuclear”. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/ultimas-noticias/cnen-e-aiea-assinam-acordo-de-cooperacao-em-direito-nuclear> Acesso em 09 jan. 2023.

CNEN. “Em programação oficial no Brasil, diretor-geral da AIEA visita MCTI e unidades da CNEN”. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt->

br/assunto/ultimas-noticias/em-programacao-oficial-no-brasil-diretor-geral-da-aiea-visita-mcti-e-unidades-da-cnen Acesso em 09 jan. 2023.

CONAMA. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

CONSÓRCIO SANTA QUITÉRIA. “Projeto Santa Quitéria”. Disponível em: <https://consorciosantaquiteria.com.br/projeto/> Acesso em 09 jan. 2023.

COUNCIL ON FOREIGN RELATIONS. “*What is the Iran Nuclear Deal?*”. Disponível em: <https://www.cfr.org/backgrounder/what-iran-nuclear-deal> Acesso em 09 jan. 2023.

CUNHA, Daniel de Oliveira. Segurança, Desenvolvimento e o Sistema Africano de Direitos Humanos. Dissertação de Mestrado do curso de Direito da Universidade de São Paulo. 2018.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JÚNIOR, Salvador. Risco Ambiental: Conceitos e Aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro – Vol 2, nº 2. 2007

DAVID, Marília Luz. Sobre os Conceitos de Risco em Luhmann e Giddens. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**. V. 8, n. 1, 2011

DESTRIJCKER, Lucas; DIOUARA, Mahadi. A forgotten community: The little town in Niger keeping the lights on in France. **African Arguments**. Disponível em: <https://africanarguments.org/2017/07/a-forgotten-community-the-little-town-in-niger-keeping-the-lights-on-in-france-uranium-arlit-areva/> Acesso em 07 jan. 2023;

DINGWERTH, Klaus; PATTBERG, Philipp. Global governance as a perspective on world politics. *Global Governance*, n. 12, 2006, p. 185–203.

EARTHWORKS. “*In-situ Leach Uranium Mining*”. Disponível em: https://earthworks.org/issues/in_situ_leach_uranium_mining/ Acesso em 09 jan. 2023.

ELETRONUCLEAR. “Angra 3”. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-3.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

FERNANDES, Jardel Lopes *et al.* Avaliação de Impacto Ambiental Aplicada à Extração de Urânio no Brasil. *In: Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos E Sustentabilidade*, 4, 2021, **Anais**. [...] Gramado. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2021. p. 1-8. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2021/XV-028.pdf> Acesso em 02 nov 2022.

FERRAÇO, André Augusto Giuriatto. A insuficiência de integração na gestão nacional dos recursos hídricos brasileiros como óbice estrutural ao desenvolvimento sustentável. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Direito) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

FILADELFO, Fagner Sampaio. O meio ambiente de trabalho: um estudo sobre os processos trabalhistas já sentenciados que envolvem a mineração de urânio no município de Caetité-BA. Revista de Direito do Trabalho. vol. 182. ano 43. p. 157-172. São Paulo: Ed. RT, outubro 2017.

FIOCRUZ. “Radiação”. Disponível em: https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html Acesso em 09 jan. 2023.

FIOCRUZ. Mapa de Conflitos. **Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil**. Disponível em: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/go-vitimas-do-cesio-137-ate-hoje-lutam-pelo-reconhecimento-pleno-de-seus-direitos/> Acesso em 07 jan. 2023.

FUNDAÇÃO DO CÂNCER “Inimigo Oculto”. 2013. Disponível em: <https://www.cancer.org.br/blog/inimigo-oculto/> Acesso em 09 jan. 2023.

GERDEN, Eugene. France aims to retain leadership in global uranium mining. Resource World. Disponível em: <https://resourceworld.com/france-aims-to-retain-leadership-in-global-uranium-mining/> Acesso em 07 jan. 2023;

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002. p. 41. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf Acesso em 05 fev. 2023.

GONÇALVES, Alcindo. O Conceito de Governança. Trabalho apresentado no XIV Congresso Nacional do Conpedi – Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito – Fortaleza, 2005. Disponível em: https://www.unisantos.br/upload/menu3niveis_1258398685850_alcindo_goncalves_o_conceito_de_governanca.pdf Acesso em 04 de fev. 2023.

HARTMANN, Débora; SOUZA, Leonardo da Rocha de. O Princípio da Precaução e a Avaliação Prévia de Impacto Ambiental: A Posição do Superior Tribunal de Justiça. Revista de Direito Brasileira. São Paulo, SP. v. 16. n. 7. p. 151 – 168. jan./abr. 2017

HEIDER, Mathias. “Urânio”. 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 09 jan. 2023.

HENRIQUES, Antônio; MEDEIROS, João Bosco. Metodologia Científica na Pesquisa Jurídica. 9ª ed., rev. e reform. São Paulo: Atlas, 2017

HERMITTE, M-A. Os fundamentos jurídicos da sociedade do risco: uma análise de U. Beck. In:

IHU, Instituto Humanitas Unisinos. "Sociedade de risco. O medo, hoje. Entrevista especial com Ulrich Beck". Disponível em:

<https://www.ihu.unisinos.br/categorias/159-entrevistas/616847-sociedade-de-risco-o-medo-hoje-entrevista-especial-com-ulrich-beck> Acesso em 10 dez 2022.

INB "INB Caldas". Disponível em: <http://www.inb.gov.br/A-INB/Onde-estamos/Caldas> Acesso em 09 jan. 2023.

INB "O que é o Enriquecimento de Urânio? Como ele é feito na INB?". 2020.

Disponível em: [https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-](https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/o-que-e-o-enriquecimento-como-ele-e-feito?Origem=1087)

[Frequentes/Pergunta/Conteudo/o-que-e-o-enriquecimento-como-ele-e-feito?Origem=1087](https://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/o-que-e-o-enriquecimento-como-ele-e-feito?Origem=1087) Acesso em 09 jan. 2023.

INB. "Enriquecimento". Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear/Enriquecimento> Acesso em 09 jan. 2023.

INB. "INB Caetité volta a produzir urânio para geração de energia no Brasil".

Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/inb-caetite-volta-a-produzir-uranio-para-geracao-de-energia-no-brasil/Origem/284> Acesso em 09 jan. 2023

INB. "INB Caetité". Disponível em: <http://www.inb.gov.br/A-INB/Onde-estamos/Caetite> Acesso em 09 jan. 2023.

INB. "INB Santa Quitéria – Consórcio Santa Quitéria". Disponível em:

<http://www.inb.gov.br/A-INB/Onde-estamos/Santa-Quiteria> Acesso em 09 jan. 2023.

INB. "Monitoração Ambiental". Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Meio-Ambiente/monitoracao-ambiental> Acesso em 09 jan. 2023.

INB. "O urânio nas águas de Caetité ocorre naturalmente". 2012. Disponível:

<https://www.inb.gov.br/Media-Center/Detalhe/Conteudo/o-uranio-nas-aguas-de-caetite-ocorre-naturalmente-2085/Origem/593> Acesso em 09 jan. 2023.

INB. "Processo do TCU conclui inexistência de contaminação por urânio nas águas de Lagoa Real/BA". 2022. Disponível:

<http://www.inb.gov.br/Detalhe/Conteudo/processo-do-tcu-conclui-inexistencia-de-contaminacao-por-uranio-nas-aguas-de-lag/Origem/588> Acesso em 09 jan. 2023.

INB. "Recursos". Disponível em: <http://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ur%C3%A2nio/Recursos> Acesso em 09 jan. 2023.

INCA. "Radiações Ionizantes". 2022. 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 jan. 2023.

INFOMONEY. Após disparada de 31%, urânio é commodity que mais sobe no ano”. 2020. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/mercados/apos-disparada-de-31-uranio-e-commodity-que-mais-sobe-no-ano/> Acesso em 09 jan. 2023.

INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS (IAG). USP. Química e Geoquímica do Urânio. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/capitulo%202.pdf> Acesso em 08 fev. 2023.

INTERNATIONAL COURT OF JUSTICE. “*Legality of the Threat or Use of Nuclear Weapons*”. Disponível em: <https://www.icj-cij.org/en/case/95> Acesso em 07 fev. 2023.

INTERNATIONAL COURT OF JUSTICE. “*Obligations concerning Negotiations relating to Cessation of the Nuclear Arms Race and to Nuclear Disarmament*” (Marshall Islands v. United Kingdom). Disponível em: <https://www.icj-cij.org/en/case/160> Acesso em 07 fev. 2023.

INVESTOPEDIA. “*What Is an Exchange-Traded Fund (ETF)?*”. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/e/etf.asp> Acesso em 09 jan. 2023.

IPEN. “Reator Multipropósito Brasileiro”. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=2773 Acesso em 09 jan. 2023.

ISHIMORI, Y, *et al.* *Measurement and calculation of radon releases from NORM residues*, AIEA, Viena, Áustria, 2013. Disponível em: https://www-pub.AIEA.org/MTCD/publications/PDF/trs474_webfile.pdf Acesso em 03 jan. 2023

JUNIOR, Talis Prado Pinto; GIANNATTASIO, Arthur Roberto Capella. O Direito Internacional Humanitário nos Pareceres Consultivos da Corte Internacional de Justiça: uma Conjugação de Perspectivas Utópicas e Apologéticas. *Revista de Direito Internacional*, Brasília, v. 18, n. 2, p. 155-169, 2021

KEITH S, *et al.* *Toxicological Profile for Uranium*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2013 Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK158802/pdf/Bookshelf_NBK158802.pdf Acesso em 10 out. 2022. P. 84

LIMA, Fernanda Silva; SILVA FILHO, da Wilson Seraine. Potencial Uranífero Brasil: uma revisão bibliográfica. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.6 .2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31365/pdf> Acesso em 10 fev. 2023.

LIMA, Gabriela G.B; SCUDELER, Mateo. “A Responsabilidade Internacional Ambiental na Corte Internacional de Justiça: a Proteção Ambiental Transfronteiriça como Diligência Devida”. Revista Internacional de Direito Ambiental – Vol IV, nº 11 – maio/agosto. 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/37078908/A_responsabilidade_internacional_ambiental_na_Corte_Internacional_de_Justi%C3%A7a_a_prote%C3%A7%C3%A3o_ambiental_transfronteiri%C3%A7a_como_dilig%C3%Aancia_devida?email_work_card=title Acesso em 03 out. /2022.

LINDBERGM John C.H.; ARCHER, Denali. Radiophobia: Useful Concept, or Ostracising Term? **Progress in Nuclear Energy**. 2022. Disponível em: <https://shre.ink/1iWe> Acesso em 05 jan. 2023.

LONGSTAFF, Xochitl. The Health and Environmental Impact of Uranium Mining. Stanford University. 2017. Disponível em: <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/longstaff1/> Acesso em 09 jan. 2023.

MAHUAD, Luciana Carone Nucci; MAHUAD, Cassio. “Imputação da responsabilidade civil: responsabilidade objetiva e subjetiva”. TJSP. 2014. Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/download/EPM/Publicacoes/ObrasJuridicas/rc2.pdf?d=636680468024086265> Acesso em 01 dez. 2022.

MAIA, Marrielle; MACIEL, Débora Alves; KOERNER, Andrei (org.). Os Estados Unidos e a Comissão Interamericana de Direitos Humanos: denúncias, Interações, mobilizações. Brasília: FUNAG, 2017

Manual da OMS sobre Radônio em Ambientes Internos: uma perspectiva de saúde pública. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44149/9788567870038-por.pdf?sequence=11> Acesso em 09 jan. 2023.

MARINHA. “Programa de Submarinos”. MARINHA. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/prosub/amazul-pr> Acesso em 09 jan. 2023.

MARINHA. PROSUB. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/programas-estrategicos/prosub> Acesso em 09 jan. 2023.

MARTIN, Guy. Uranium: A Case-Study in Franco-African Relations. **The Journal of Modern African Studies**. Vol. 27, nº 4. 1989. p. 625-640.

MDIG. “A trágica história do Homem Atômico, o humano mais radioativo do planeta”. 2019. Disponível em: <https://www.mdig.com.br/index.php?itemid=47957> Acesso em 09 jan.2023.

MENDES, José Manuel. Sociologia do Risco: uma breve introdução e algumas lições. **Riscos e Catástrofes**. Coimbra University Press. 2016. Disponível em: https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/pub/src/SRCII/Sociologia_do_risco.pdf

MFA. “*The Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO)*”. Disponível em: https://www.mfa.gov.tr/the-comprehensive-nuclear_test_ban-treaty-organization-_ctbto_.en.mfa Acesso em 09 jan. 2023.

MILARÉ, Édis. Direito do ambiente. 3. ed. rev., atual., ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2004..

MINAS JR – CONSULTORIA MINERAL. “Mineração de Urânio”. 2019. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/mineracao-de-uranio/> Acesso em 09 jan. 2023.

MINASSA, Pedro Sampaio. A Incógnita Ambiental do Princípio da Precaução. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**. Vol. 8, n.1. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325633769_A_incognita_ambiental_do_principio_da_precaucao Acesso em 07 jan, 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. “MP cria Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN)”. 2021. Disponível: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mp-cria-autoridade-nacional-de-seguranca-nuclear-ansn> Acesso em 09 jan. 2023

MINISTÉRIO PÚBLICO DE PORTUGAL. Convenção de Paris, disponível em: <https://www.ministeriopublico.pt/instrumento/convencao-de-31-de-janeiro-de-1963-complementar-da-convencao-de-paris-de-29-de-julho-d-0> Acesso em 02 jan. 2023

MOHANTY, Abhijit. Uranium in Niger: When a Blessing Becomes a Curse. **Geopolitical Monitor**. 2018. Disponível em: <https://www.geopoliticalmonitor.com/uranium-in-niger-when-a-blessing-becomes-a-curse/> Acesso em 07 jan. 2023.

MONTALVÃO, Edmundo. Energia Nuclear: Risco ou Oportunidade? Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado. Senado Federal. Brasília, 2012.

MONTEZUMA, Talita de Fátima Pereira Furtado. “Licenciar e silenciar: análise do conflito ambiental nas audiências públicas do Projeto Santa Quitéria, CE”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Direito.

MORAES, Gabriela G. B. Lima. A experiência em Direito Ambiental. Alguns limites e desafios da pesquisa doutoral. in: MONEBHURRUN, Nitish. **Como preparar uma tese de doutorado**. Da escrita à defesa: um relato a partir da experiência dos professores. Editora Processo, 2020.

MORAES, Gabriela Garcia Batista Lima. **A Responsabilidade Civil Nuclear como Instrumento para a teoria política da “Nova Economia do Bem-Estar”**: uma análise Econômica do Direito com base no acidente nuclear de Fukushima. Revista da Academia Brasileira de Direito Constitucional. Curitiba, 2017, vol. 9, n. 16, Jan.-Jun. p. 114-140.

MORAES, Gabriela Lima; OLIVEIRA, Carina Costa de; FERREIRA, Fabrício Ramos (orgs.). **A Interpretação do Princípio da Precaução pelos Tribunais: A Análise Nacional, Comparada e Internacional**. Campinas, SP: Pontes Editores. 2019.

MPF. “MPF em Minas Gerais envia à CNEN e à INB proposta de TAC para barragem de rejeitos nucleares”. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/noticias-mg/mpf-mg-envia-a-cnem-e-a-inb-proposta-de-tac-para-barragem-de-rejeitos-nucleares> Acesso em 01/12/2022.

NOGUEIRA, Ana Carolina Casagrande. *Estado de Direito Ambiental: tendências: aspectos constitucionais e diagnósticos*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004.

NOIVILLE, Cristine. *Ciência, Decisão, Ação: Três Observações em Torno do Princípio da Precaução*. In: VARELLA, Marcelo Dias (coord.). **Governo dos Riscos; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos**, 2005

NOIVILLE, Cristine. *Ciência, decisão, ação: três observações em torno do princípio da precaução*. In: VARELLA, Marcelo Dias (org.). **Governo dos Riscos; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos**, 2005

NUCNET. “*Three Mile Island Led To ‘Sweeping And Permanent’ Changes*”. 2009. Disponível em: <https://www.nucnet.org/news/three-mile-island-led-to-sweeping-and-permanent-changes> Acesso em 09 jan. 2023.

OLIVEIRA, Carina Costa de. *Ação Direta de Inconstitucionalidade 3.473 (Caso “Belo Monte”)*. In: RORIZ, João Henrique Ribeiro; AMARAL JÚNIOR, Alberto do (coord.). **O Direito Internacional em Movimento: Jurisprudência Internacional Comentada**; Brasília: Instituto Brasiliense de Direito Civil, 2016, p. 254-275.

OLIVEIRA, Carina Costa de. *Ação Direta de Inconstitucionalidade 3.473 (Caso “Belo Monte”)*. In: RORIZ, João Henrique Ribeiro; AMARAL JÚNIOR, Alberto do (coord.). **O Direito Internacional em Movimento: Jurisprudência Internacional Comentada**; Brasília: Instituto Brasiliense de Direito Civil, 2016, p.272.

OLSTHOORN, Bart, *et at. Indoor radon exposure and its correlation with the radiometric map of uranium in Sweden*, **Science of The Total Environment** Volume 811. Disponível em: <https://shre.ink/1PvL> Acesso em 03 jan. 2023;

PAULA, Bruno Lucas Saliba de. *A mineração de urânio em questão: análise da comunicação pública das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) em Caetité, Bahia*. Rev Eletron Comun Inf Inov Saúde. 2020 abr.-jun.;14(2):329-41. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/41969/7.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Acesso em 09 jan. 2023.

PEREIRA, Luiz Henrique Meneses. *Edificações sustentáveis: construções com tijolo de adobe*. UFMG. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31410/1/MONOGRAFIA%20-%20EDIFICA>

%C3%87%C3%95ES%20SUSTENT%C3%81VEIS%20CONSTRU%C3%87%C3%95ES%20COM%20TIJOLO%20DE%20ADOBE.pdf Acesso em 09 jan. 2023.

PEREIRA, Ricardo da Costa. A Mineração na Vida Das Comunidades: Aspectos Socioeconômicos e Mudanças nas Estruturas de Ambientes Mineiros. 2021.

Disponível em:

<https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/tecnologiaemmineracao/files/2021/07/a-mineracao-na-vida-das-comunidades-aspectos-socioeconomicos-e-mudancas-nas-estruturas-de-ambientes-mineiros.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

PEREIRA, Thomás Caires. Mortalidade por câncer no município de Caetité, Bahia, de 1980 a 2010. Monografia de Conclusão do curso médico da Faculdade de Medicina da Bahia da Universidade Federal da Bahia, apresentada ao Colegiado do Curso de Graduação em Medicina. 2013. Disponível em:

<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/10846/1/Thom%C3%A1s%20Caires%20Pereira.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

PET ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Impactos Ambientais causados pela Mineração”. Disponível em: <https://petesa.eng.ufba.br/blog/impactos-ambientais-causados-pela-mineracao> Acesso em 09 jan. 2023.

PETERS, Brainard Guy. O que é Governança. Revista do TCU. Maio/Ago. 2013

PETRONOTÍCIAS. “INB dá novo formato para mineração em Santa Quitéria e diz que testes em Caetité serão concluídos em julho”. 2020. Disponível em:

<https://petronoticias.com.br/inb-da-nova-roupagem-para-mineracao-de-uranio-em-santa-quiteria-e-diz-que-testes-em-caetite-serao-concluidos-em-julho/> Acesso em 09 jan. 2023

PINTO, Alexandre Guimarães Gavião. Os Princípios mais Relevantes do Direito Administrativo. Revista da EMERJ, v. 11, nº 42, 2008.

PORTAL DA MINERAÇÃO. “Urânio: saiba o que é e pra que serve”. Disponível em:

<https://portaldamineracao.com.br/uranio-saiba-o-que-e-e-para-que-serve/> Acesso em 09 jan. 2023

PRADO, Geórgia Reis. Estudo de Contaminação Ambiental por Urânio no Município de Caetité-BA, utilizando dentes humanos como bioindicadores. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – UESC.2007. Disponível em:

<http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200560033D.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

PYLON ELECTRONICS-RADON. “*Outdoor Radon Measurements*”. 2016. Disponível em: <https://pylonelectronics-radon.com/2016/08/25/low-level-outdoor-radon-measurements/> Acesso em 09 jan. 2023.

R.A. Petta, T. F. C. Campos. “O gás radônio e suas implicações para a saúde pública”. **Revista de Geologia**, Vol. 26, nº 2, 7 - 18, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/54438212-O-gas-radonio-domestico-e-a-radioatividade-natural-em-terrenos-metamorficos-o-caso-do-municipio-de-lucrecia-rio-grande-do-norte-brasil.html> Acesso em 09 jan. 2023

RADON ENVIRONMENTAL. *33 Facts about Radon*”. Disponível em: <https://radon-ohio.com/33-facts-about-radon/> Acesso em 09 jan. 2023.

REUTERS. At COP27, nuclear power industry vies for bigger role in decarbonizing planet”. 2022. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/cop/cop27-nuclear-power-industry-vies-role-decarbonizing-planet-2022-11-09/> Acesso em 09 jan. 2023.

SALES. Tainah Simões. “As lacunas e a (in) completude do ordenamento jurídico”. *Revista da Faculdade de Direito da UERJ-RFD- Rio de Janeiro*, v.1, n.23, 2013

SANT’ANNA. André. Et al. O Estado da Qualidade do Ar no Brasil. WRI Brasil. Working Paper. 2021. p. 4. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/wri-o-estado-da-_qualidade-do-ar-no-brasil.pdf Acesso em 05 jan. 2023

SANTOS Marcus Tullius Leite Fernandes dos. A operacionalidade jurídica do desenvolvimento sustentável no processo decisório judicial: os indicadores de sustentabilidade como forma de implementação do princípio da integração. 2019. 350 f., il. Tese (Doutorado em Direito) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019

SCHOLZ, Mariana Caroline. A Corte Internacional de Justiça e o Direito do Meio Ambiente no Cenário Internacional: uma análise da criação e destituição da Câmara de assuntos ambientais. 2014.

SENADO FEDERAL. MP 1.133/2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9193033&ts=1668596858072&disposition=inline> Acesso em 09 jan. 2023.

SILVA, Camila Rodrigues e Níveis de radônio em um ambiente hospitalar na cidade de Niterói-RJ. Niterói: 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/6477/Niveis%20de%20Radonio%20em%20um%20ambiente%20hospitalar%20na%20cidade%20de%20Niteroi-RJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 09 jan. 2023

SILVA, Carlos Sérgio Gurgel da. Reflexões sobre a Lei Complementar 140/2011: Cooperação dos Entes Federativos em Prol de um Ambiente Equilibrado. *In*: ELALI, Andre; ZARANZA, Evandro; SANTOS, Kallina Flôr dos. **Direito Corporativo**: temas atuais. 10 anos André Elali Advogados. São Paulo: Quartier Latin, 2013

SILVA, Liliane Ferreira da. Modelo conceitual do aquífero fraturado da área da jazida de urânio de Caetité, Bahia: implicações para o fluxo subterrâneo. 2015. ix, 147 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015

SILVA, Luciana Sousa. Avaliação da Radioatividade Natural em Águas Potáveis, de Superfície e Subterrâneas da Região de Caetité, BA. 2011. São Paulo: IPEN. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-01032012-100446/publico/2011SilvaAvaliacao.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

SOARES, Carolina Chaves. Implicações Jurídico-Penais do Acidente com o Césio-137. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/go10anosdep/Cnen/doc/manu58.PDF> Acesso em 09 jan. 2023

SPROTT ETFS. “*Sprott Uranium Miners*”. Disponível em: <https://sprottets.com/urnm-sprott-uranium-miners-etf/> Acesso em 09 jan. 2023.

STF. “Plenário invalida normas de três estados que disciplinavam atividade nuclear.” Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=492623&ori=1> Acesso em 02 jan. 2023.

SUNO. “IVV: saiba o que é e como investir nesse ETF do índice S&P 500”. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/ivv/> Acesso em 09 jan. 2023.

TRINDADE, Adriano Drummond Cançado. Princípios de Direito Minerário Brasileiro. In: SOUZA, Marcelo Mendo Gomes de (coord.). **Direito Minerário em Evolução**; Belo Horizonte: Editora Mandamentos, 2009

TRINDADE, Adriano Drummond Cançado. Segurança Jurídica na Mineração: uma revisão conceitual e sua relação com aspectos sociais. **Revista de Direito, Estado e Recursos Naturais**, v. 1, n.1. 2011.

TRINDADE, Antônio Augusto Cançado. Os Tribunais Internacionais Contemporâneos. Brasília: FUNAG, 2013. Disponível em: <https://funag.gov.br/loja/download/1018-tribunais-internacionais-contemporaneos.pdf>

UNICENTRO. “Radioatividade e Radiação Ambiental”. Disponível em: <https://www3.unicentro.br/museu/acervo/fisica/radioatividade-e-radiacao-ambiental/> Acesso em 09 jan. 2023.

USNRC. “*Background Information on Depleted Uranium*”. Disponível em: <https://www.nrc.gov/waste/llw-disposal/llw-pa/uw-streams/bg-info-du.html> Acesso em 09 jan. 2023.

USNRC. “*Background on the Three Mile Island Accident*”. Disponível em: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html> Acesso em 09 jan. 2023

VARELLA, Marcelo Dias (org.) **Governo dos Riscos**; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005.

VARELLA, Marcelo Dias (org.). *Governo dos Riscos*; Rede Latino-Americana – Europeia sobre Governo dos Riscos, 2005

VARELLA, Marcelo Dias. A Crescente Complexidade do Sistema Jurídico Internacional – Alguns Problemas de Coerência Sistêmica. *Revista de Informação Legislativa*. Brasília, a. 42. N. 167. Jul/set. 2005

VDH (Virginia Department of Health). Radon History. Disponível em: <https://www.vdh.virginia.gov/radiological-health/indoor-radon-program/history/> Acesso em 04 dez 2022.

VIEIRA, Fred. Lixo, Resíduo e Rejeito: qual a diferença entre eles? IWASTE. Disponível em: <https://iwastes.com/2021/07/28/lixo-residuo-e-rejeito-qual-a-diferenca-entre-eles/> 2021. Acesso em 09 fev. 2023.

WALTZ. Kenneth. Why Iran Should Get the Bomb – Nuclear Balancing Would Mean Stability. 2012. Disponível em: <https://www.acsu.buffalo.edu/~fczagare/PSC%20504/Waltz.pdf> Acesso em 09 jan. 2023.

WHO. “*Global Health Observatory Data Repository*”. Disponível em: <https://apps.who.int/gho/data/view.main.RADON02v> Acesso em 09 jan. 2023.

WHO. “*Radon and Health*”. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health> Acesso em 09 jan. 2023.

WHO. “*Uranium in Drinking Water*”. **WHO Guidelines for Drinking-water Quality**. 2004. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75365/WHO_SDE_WSH_03.04_118_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em 09 jan. 2023.

WHO. Handbook on indoor radon: a public health perspective. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547673> Acesso em 09 jan. 2023.

WINTER, Luís Alexandre Carta; BOTELHO, Marinho Martins. Energia Nuclear e desenvolvimento: o papel institucional da AIEA. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=869a7463ba2ba841> Acesso em 02 jan. 2023

WNA. *Environmental Aspects of Uranium Mining*. 2017. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/environmental-aspects-of-uranium-mining.aspx> Acesso em 02 nov 2022.

WNA. *In Situ Leach Mining of Uranium*". 2020. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/in-situ-leach-mining-of-uranium.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

WNA. *What is Uranium? How Does it Work?*" Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/introduction/what-is-uranium-how-does-it-work.aspx> Acesso em 09 jan. 2023.

ZABLOTSKA, Lydia *et al.* Low Radon Exposures and Lung Cancer Risk: Joint Analysis of the Czech, French and Beaverlodge Cohorts of Uranium Miners. **International Archives of Occupational and Environmental Health**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330979348_Low_Radon_Exposures_and_Lung_Cancer_Risk_Joint_Analysis_of_the_Czech_French_and_Beaverlodge_Cohorts_of_Uranium_Miners Acesso em 09 jan. 2023.

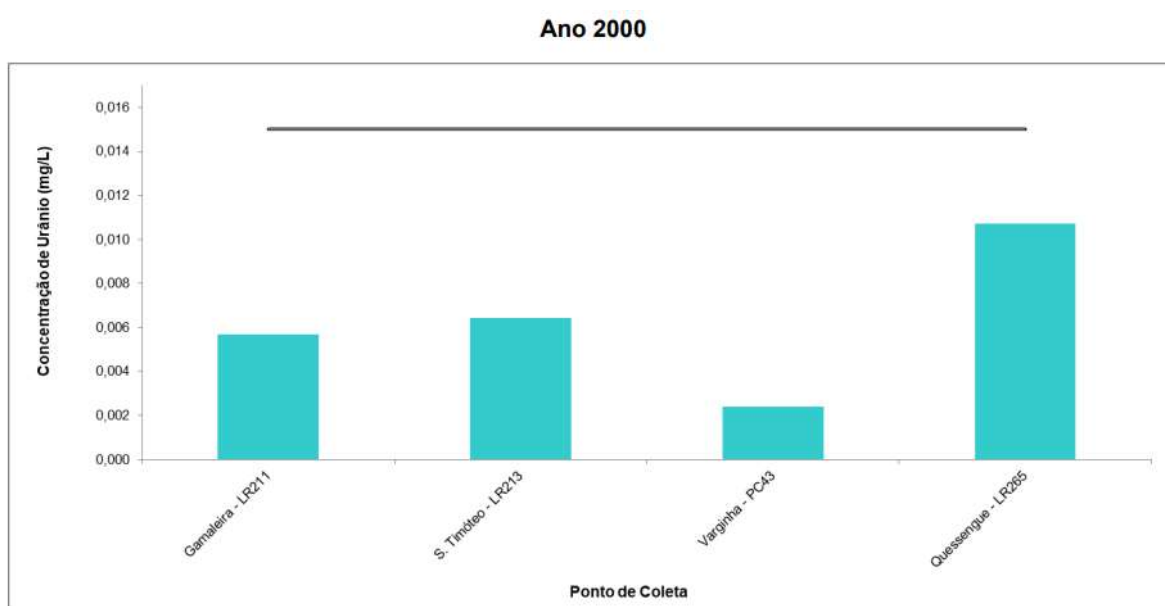
ZHANG, L.; *et al.* *Health Effects of Particulate Uranium Exposure*. **Toxics**. 2022, 10, 575. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxics10100575> Acesso em 09 jan. 2023.

ZHAO, Guoyan, *et al.* *Predictive analysis of shaft station radon concentrations in underground uranium mine: A case of study*. **Journal of Environmental Radioactivity**. Volumes 158–159. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265931X16300972?via%3Dihub> Acesso em 03 jan. 2023

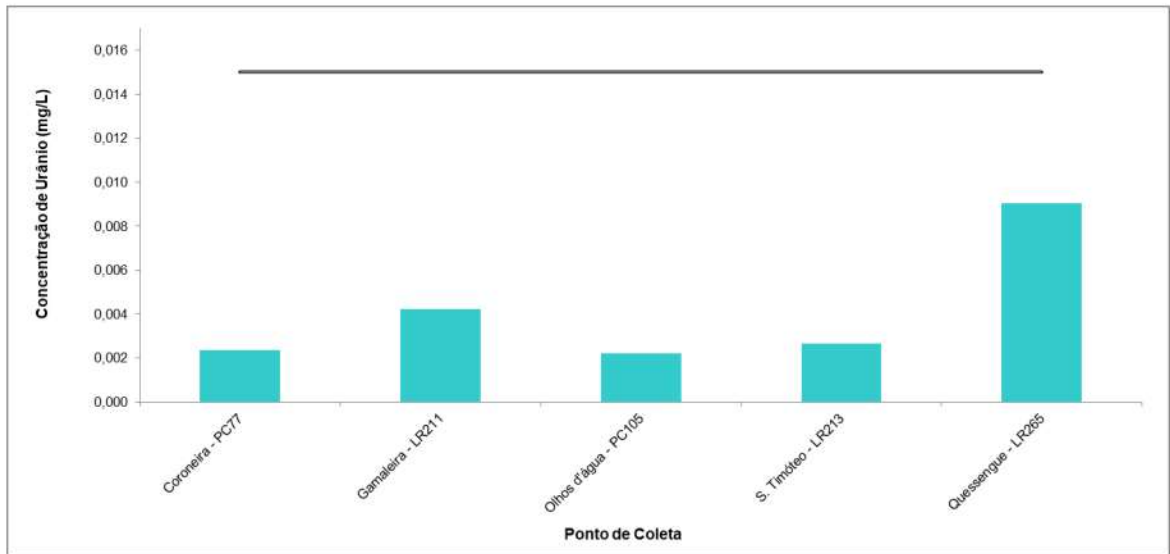
ANEXO I – RESULTADOS ENVIADOS PELA INB SOBRE OS NIVEIS DE URÂNIO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CAETITÉ ENTRE 2000 E 2015

Observações apontadas pela própria INB, que servem de base para analisar as imagens a seguir:

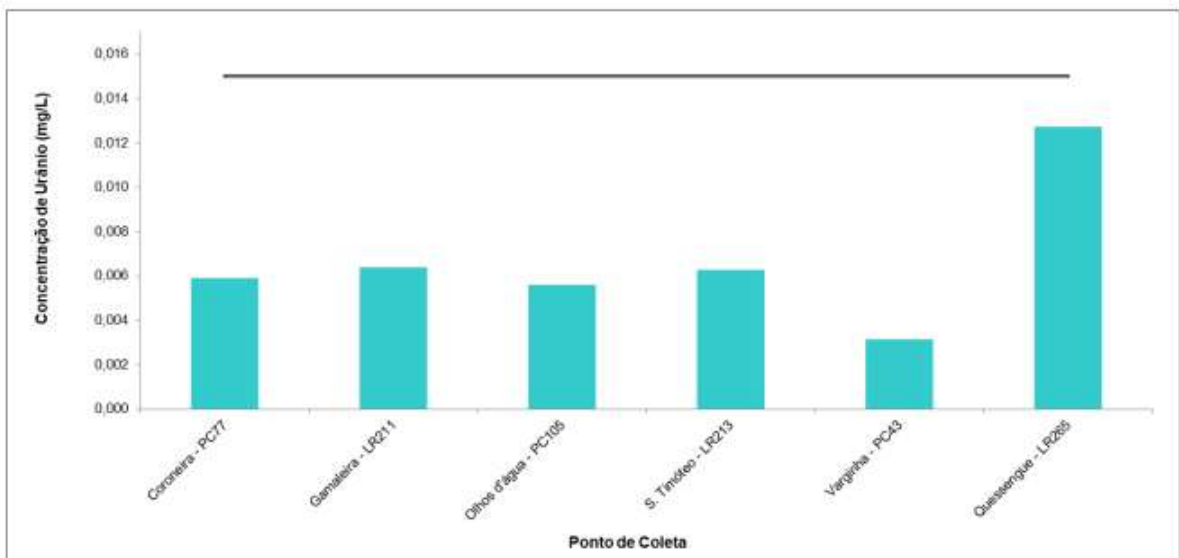
- a) Linha contínua nos gráficos equivale ao valor limite de urânio em água subterrânea para consumo humano, igual a 0,015 mg/L, conforme Resolução CONAMA nº 396/2008;
- b) Background da região para águas subterrâneas é naturalmente mais elevado, da ordem de 0,020 mg/L, que o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 396/2008, devido ao contexto geológico em está inserida;
- c) A dinâmica de recarga do aquífero cristalino, o regime de chuvas do período, bem como as características hidrogeológicas e localização relativa do poço devem ser considerados na análise crítica dos resultados;
- d) Comunidades localizadas na sub-bacia do Riacho das Vacas (área de influência direta do empreendimento) e sub-bacias vizinhas, não utilizam essas águas para ingestão devido à baixa qualidade organoléptica pela presença de sais, ferro, manganês e sódio;
- e) Poços PC171, PC173, LR265, PCBURACÃO estão localizados próximos a anomalias naturais de urânio.”



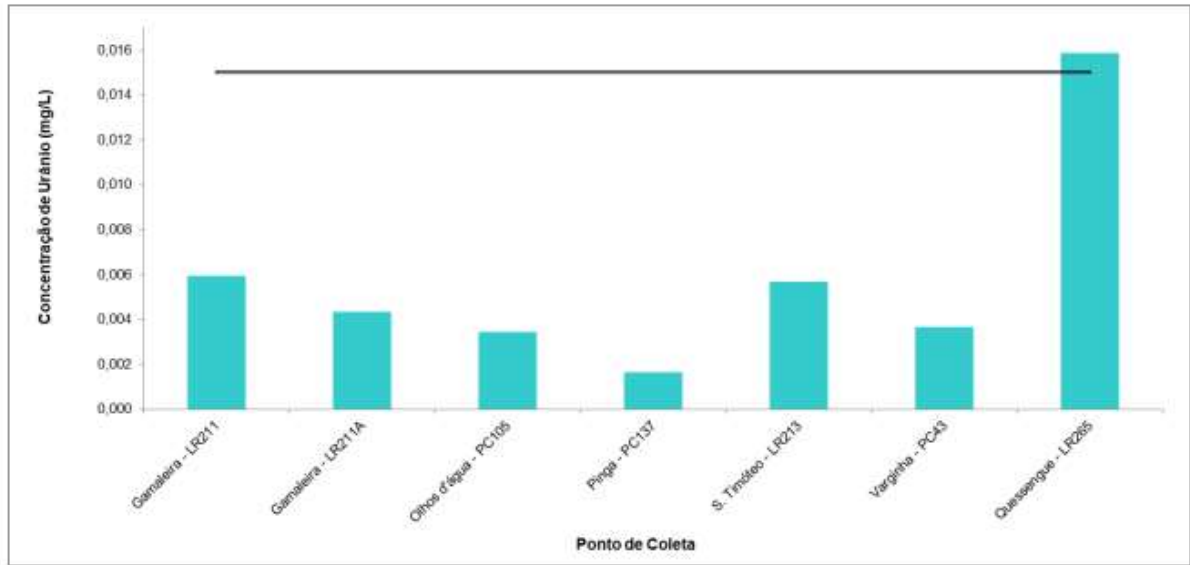
Ano 2001



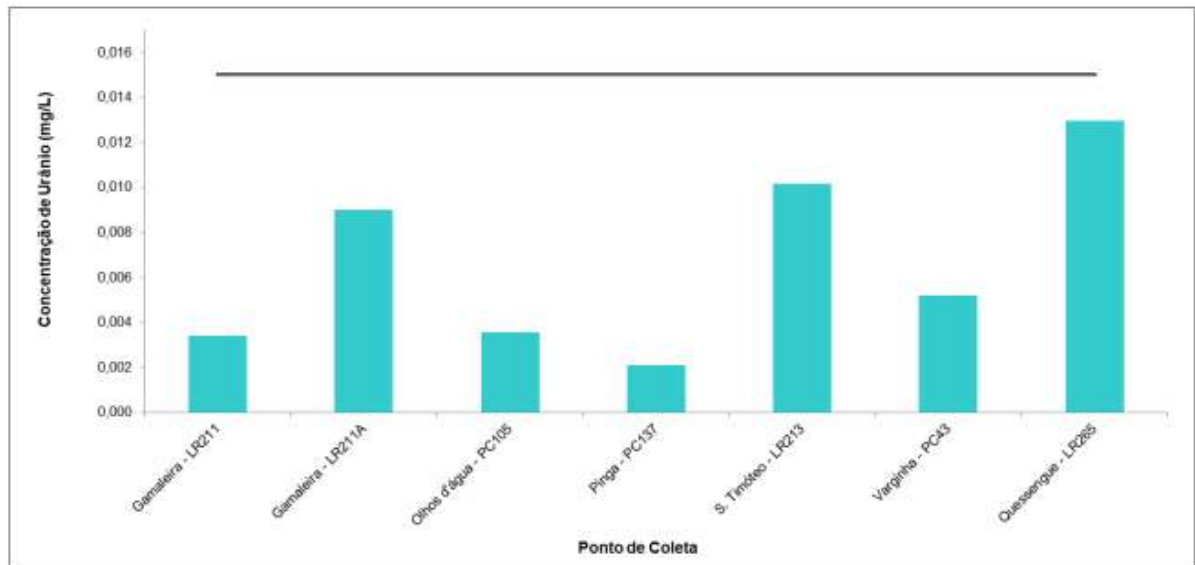
Ano 2002



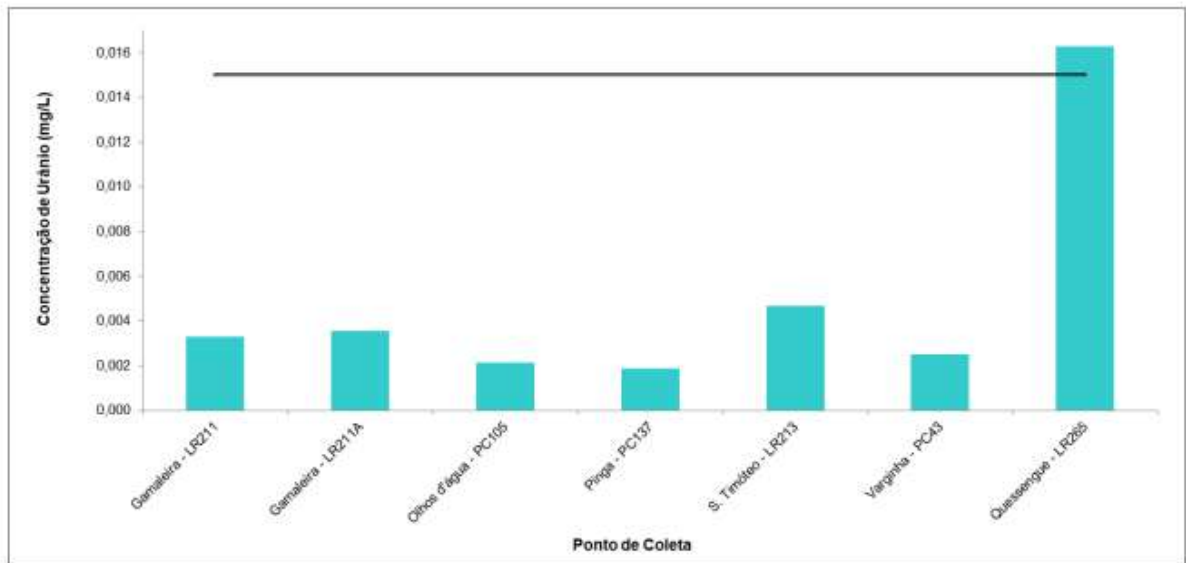
Ano 2003



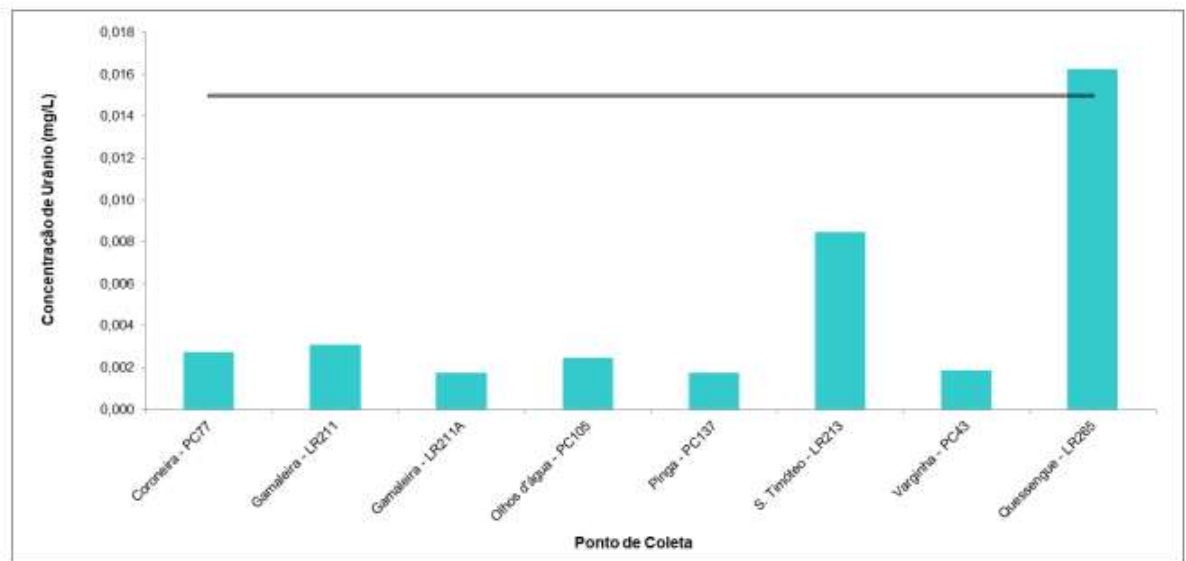
Ano 2004



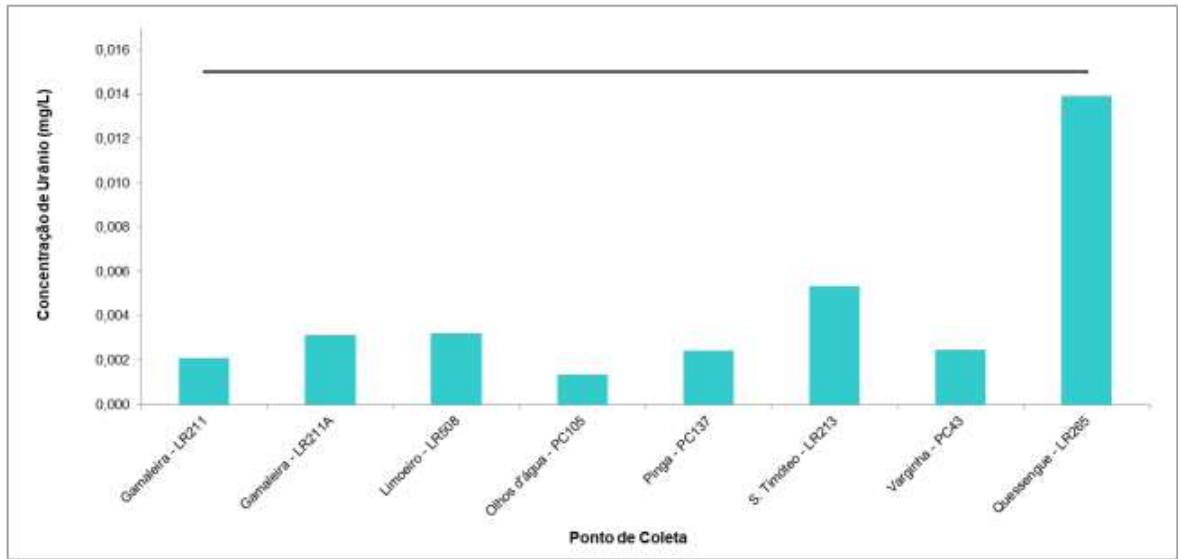
Ano 2005



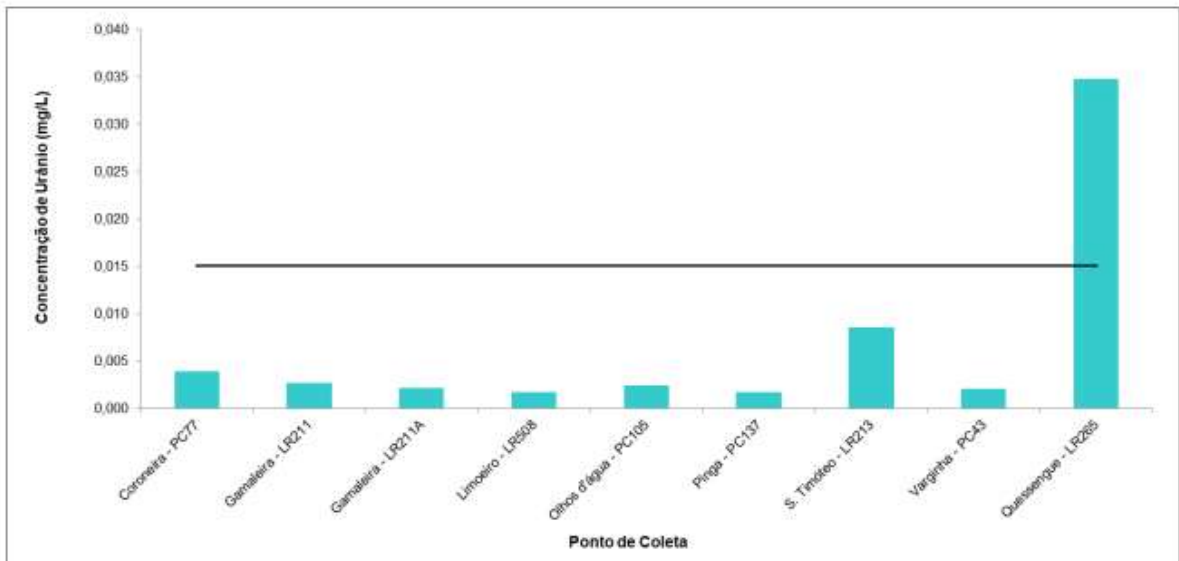
Ano 2006



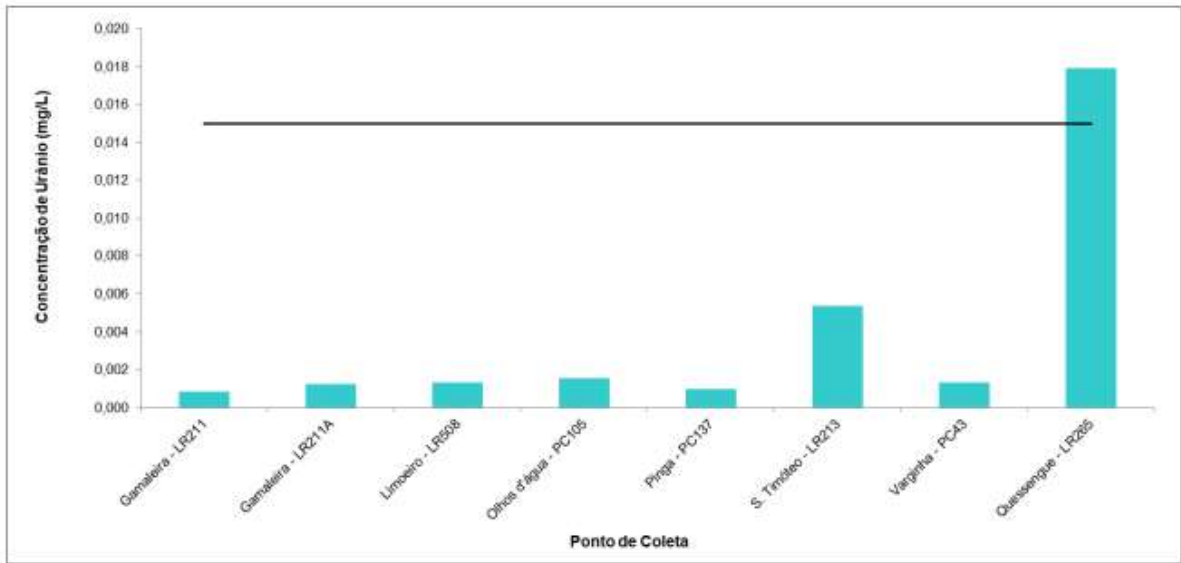
Ano 2007



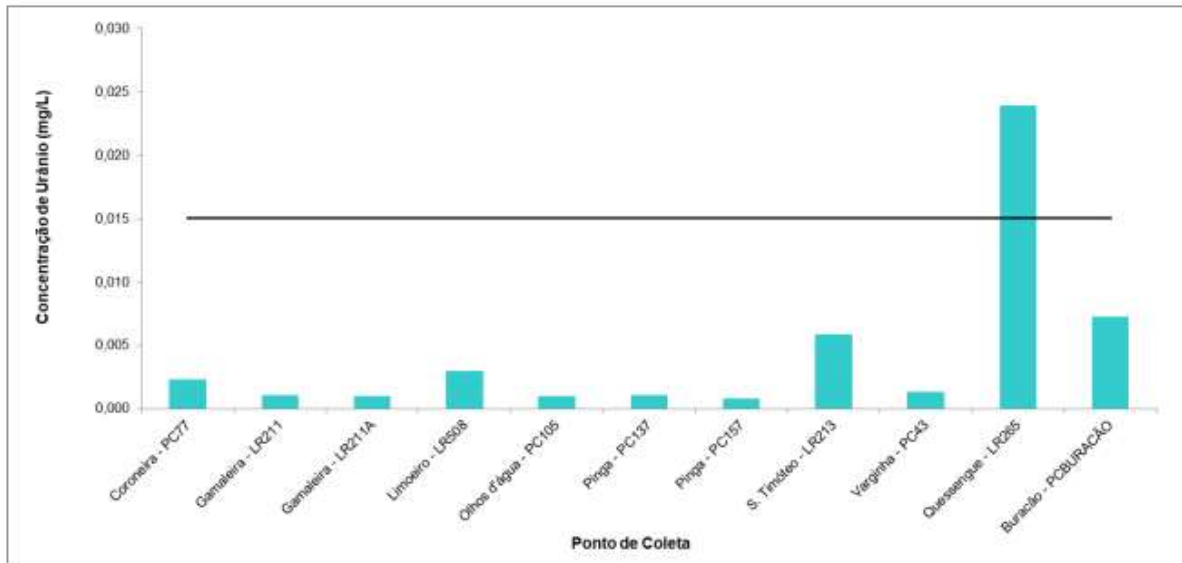
Ano 2008



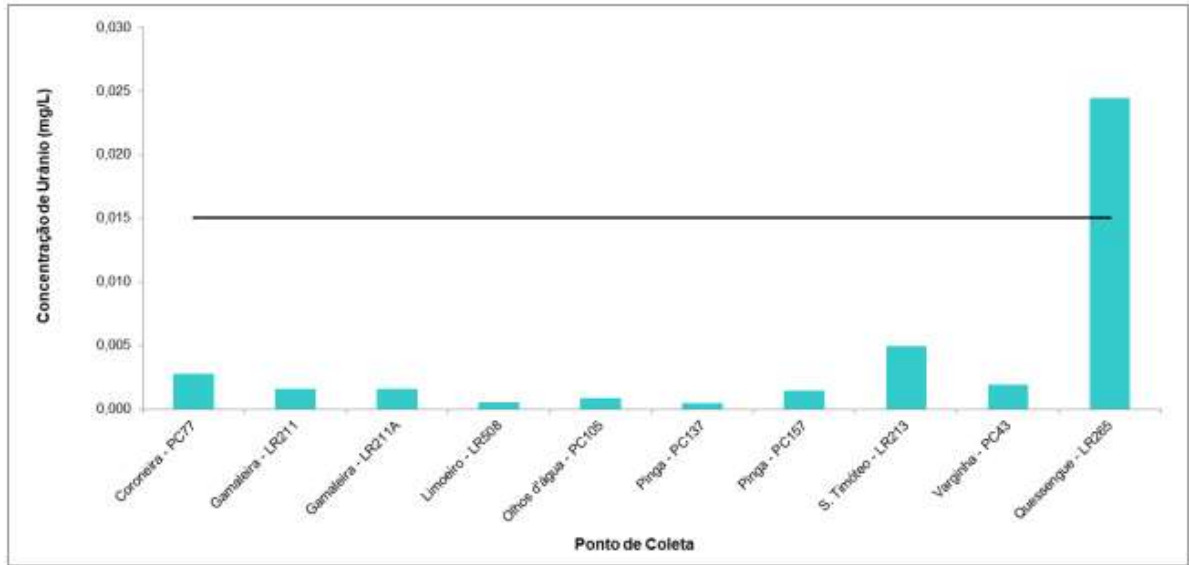
Ano 2009



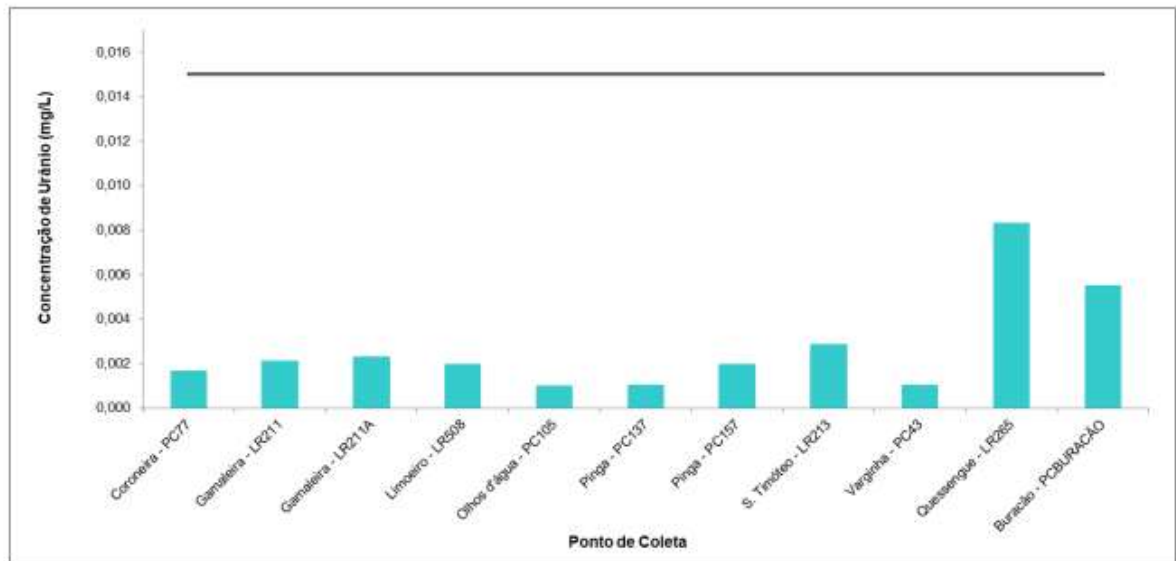
Ano 2010



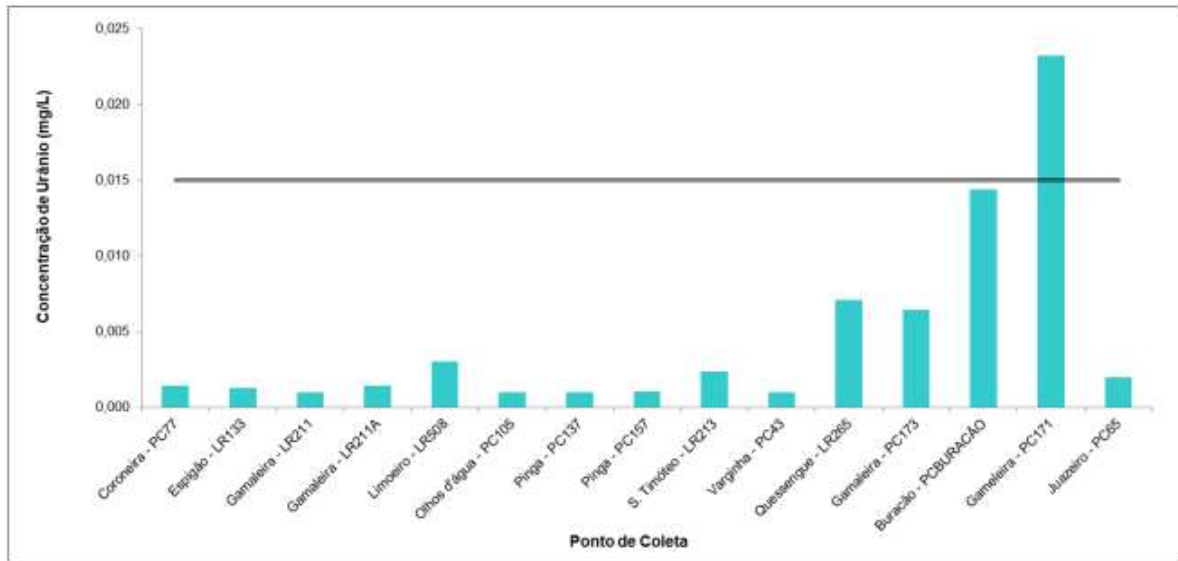
2011



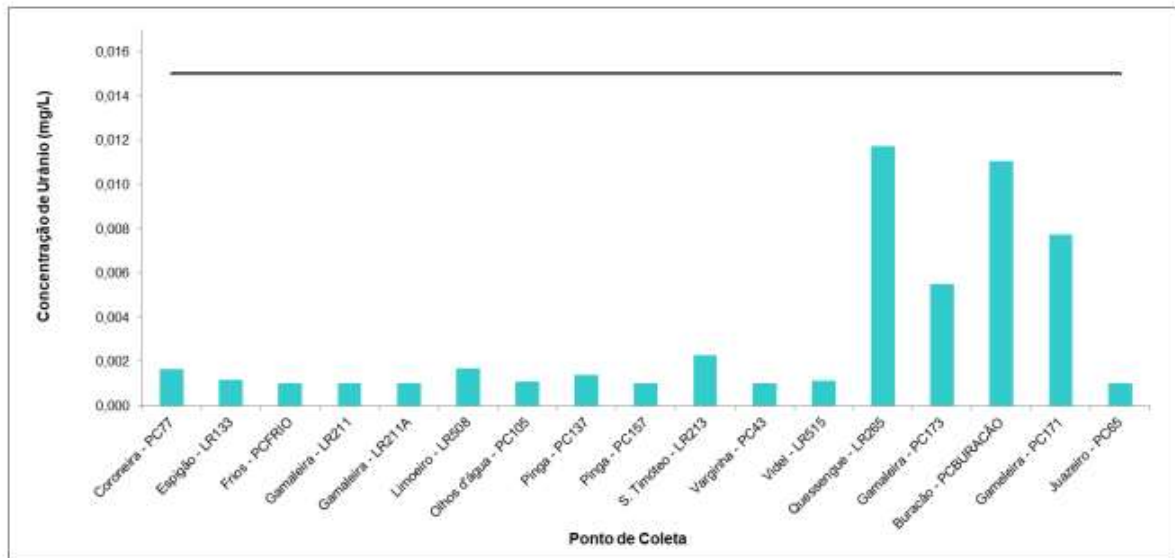
2012



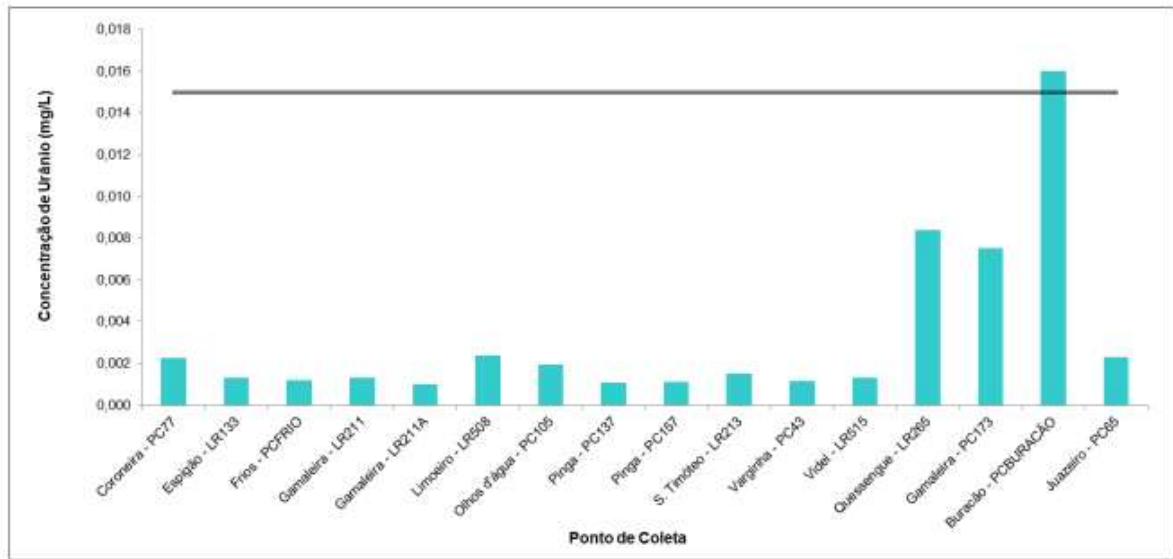
2013



2014



2015



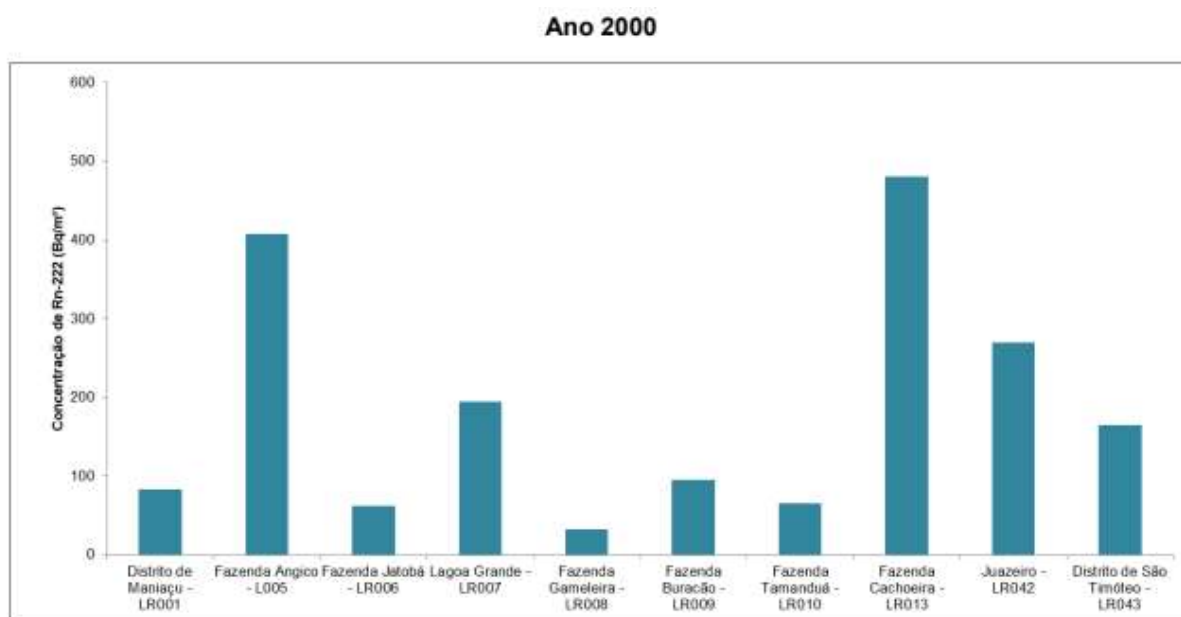
ANEXO II – RESULTADOS ENVIADOS PELA INB SOBRE OS NÍVEIS DE RADÔNIO NO AR EM CAETITÉ ENTRE 2000 E 2015

Observações apontadas pela própria INB, que servem de base para analisar as imagens a seguir:

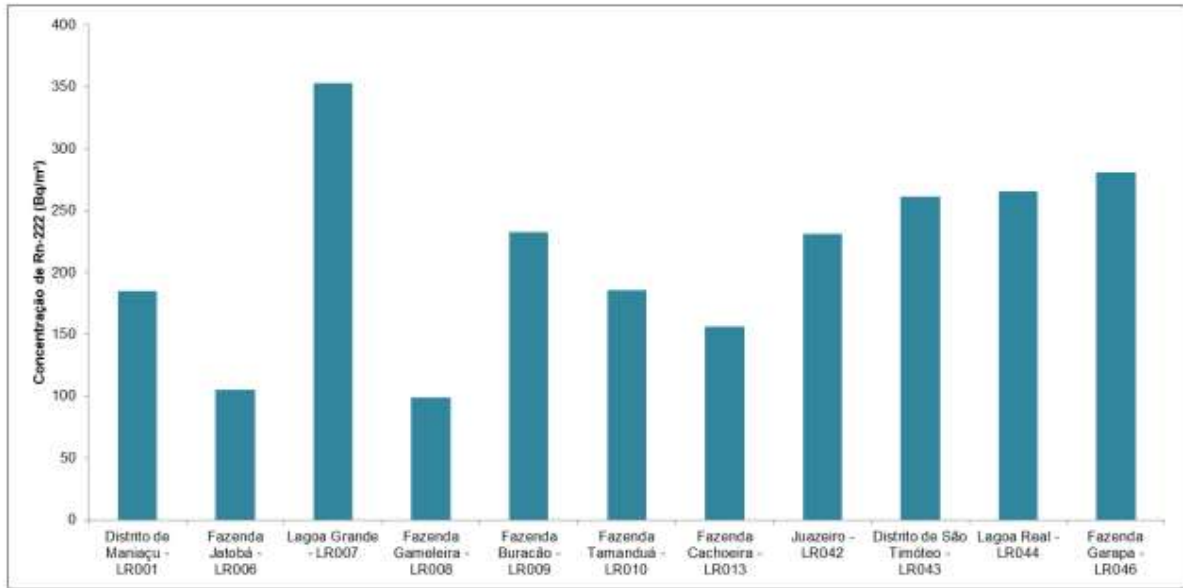
“a) Comunidades Buracão (LR009) e Tamanduá (LR010) estão localizadas na direção preferencial de dispersão dos ventos, ou seja, os ventos que passam na INB/URA e seguem, preferencialmente, em direção a estas comunidades;

b) Maniaçu (LR001), Gameleira (LR008) e Espigão (LR133) estão localizados em setores importantes (oeste - segundo setor preferencial e noroeste - terceiro setor preferencial);

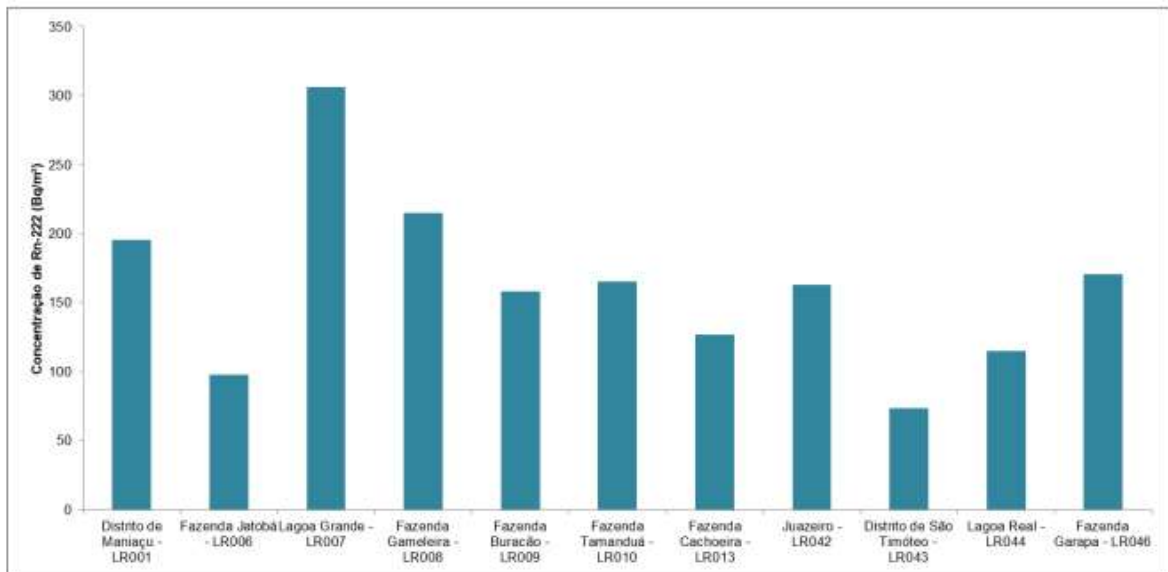
c) Juazeiro (LR042), Limoeiro (LR508) e Frios (LR514) estão localizados a barlavento, ou seja, são utilizados como ponto de referência uma vez que os ventos passam nestas comunidades antes de passarem pela INB/URA.”



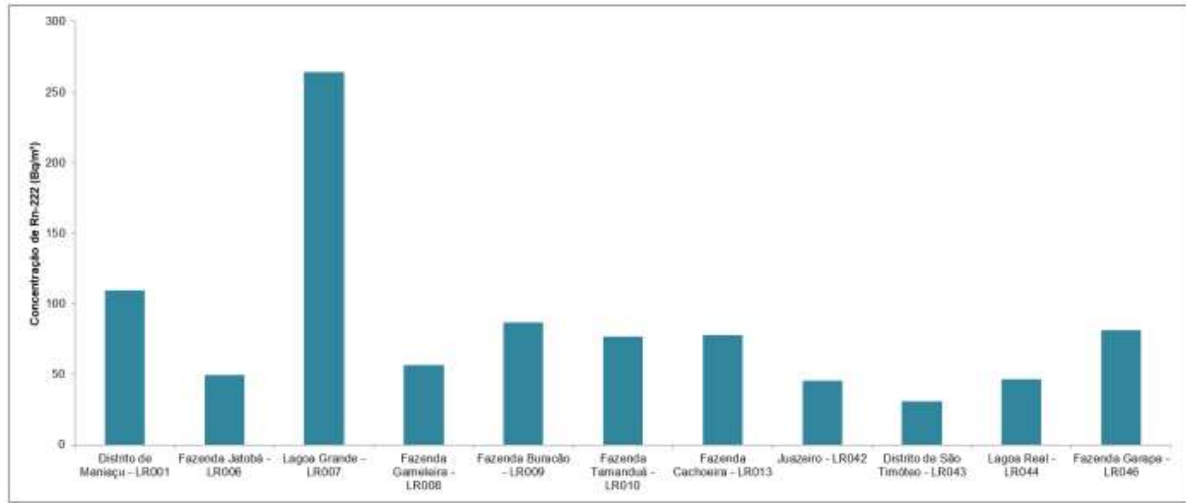
Ano 2001



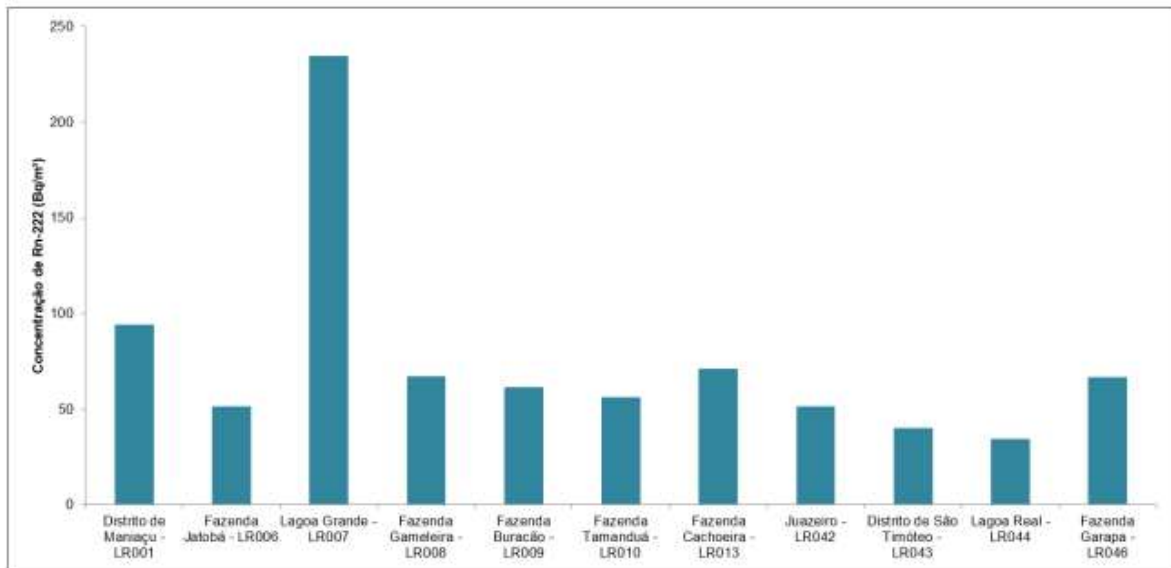
Ano 2002



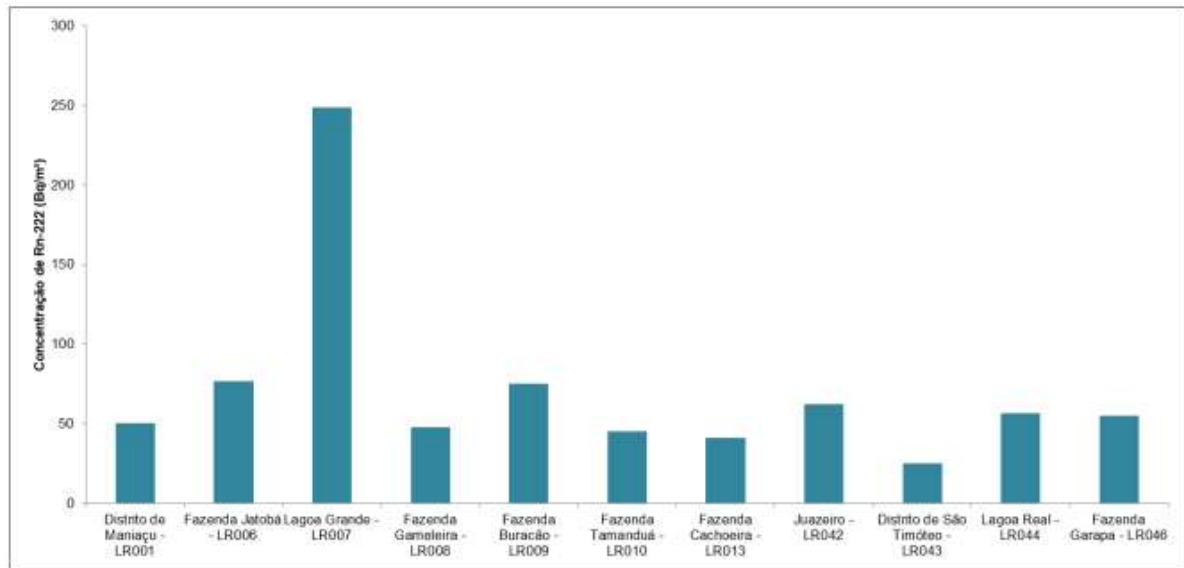
Ano 2003



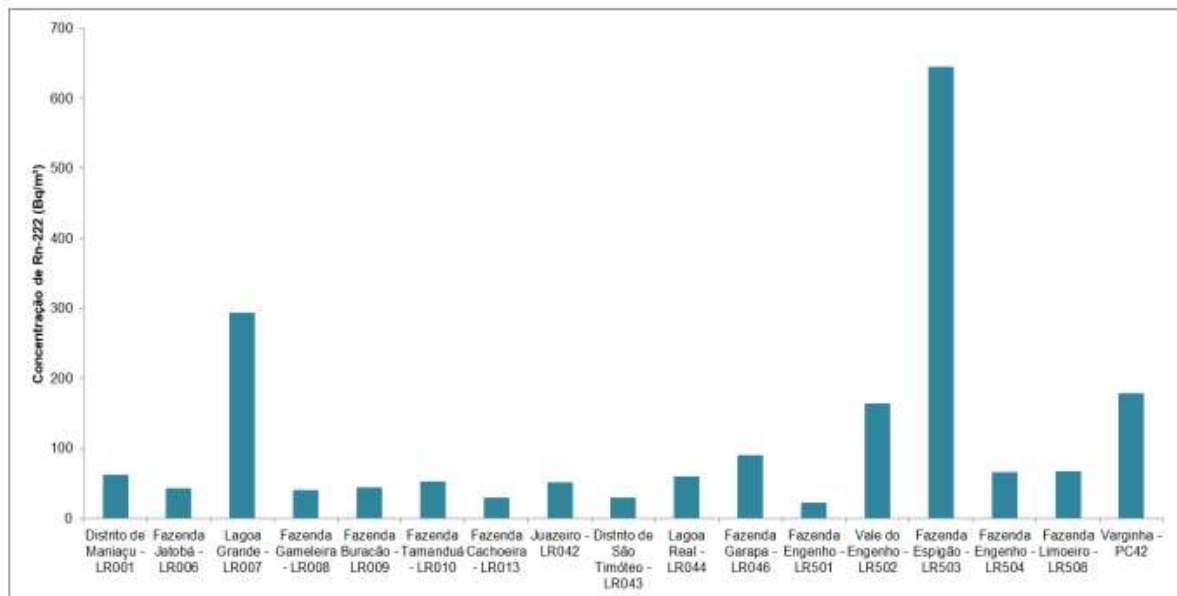
Ano 2004



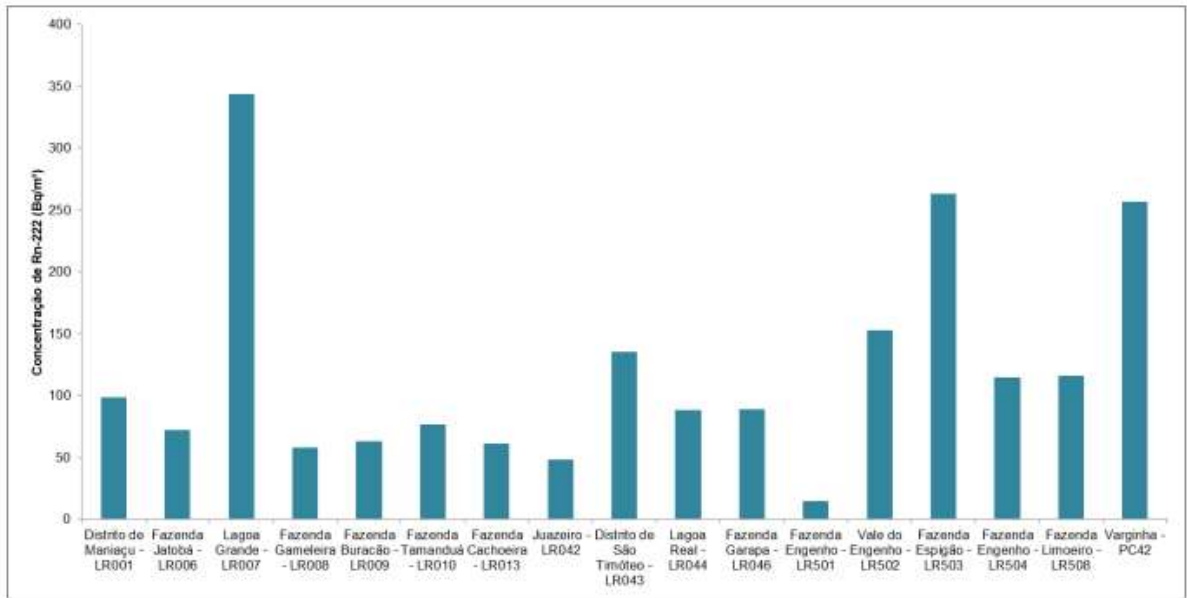
Ano 2005



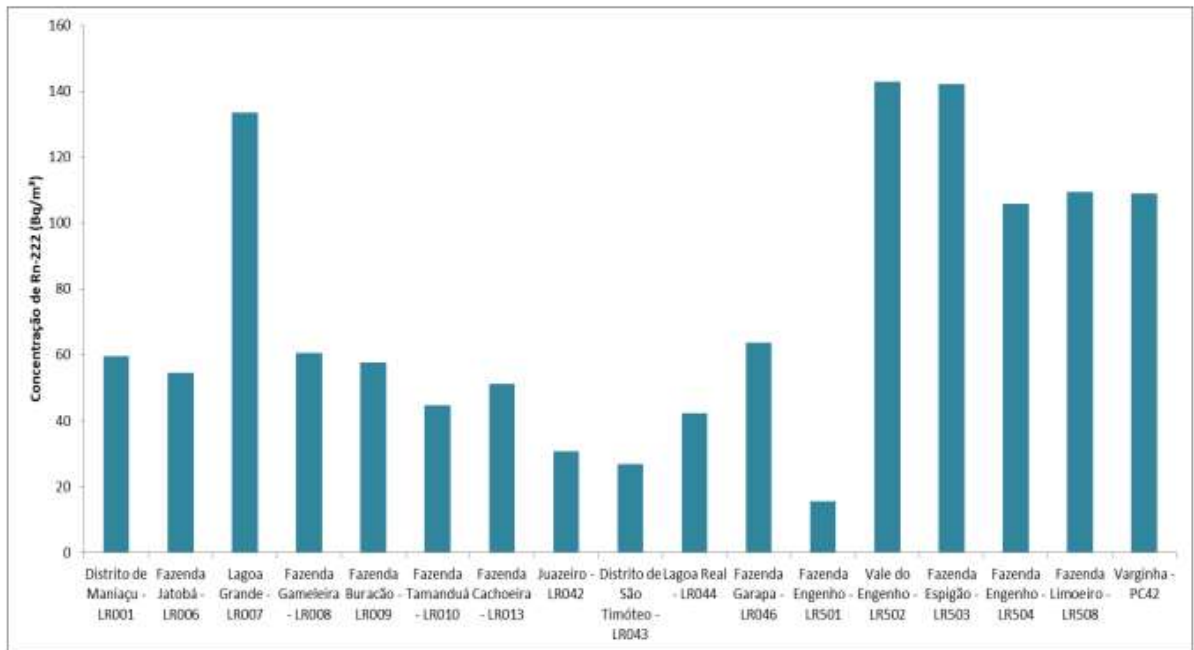
Ano 2006



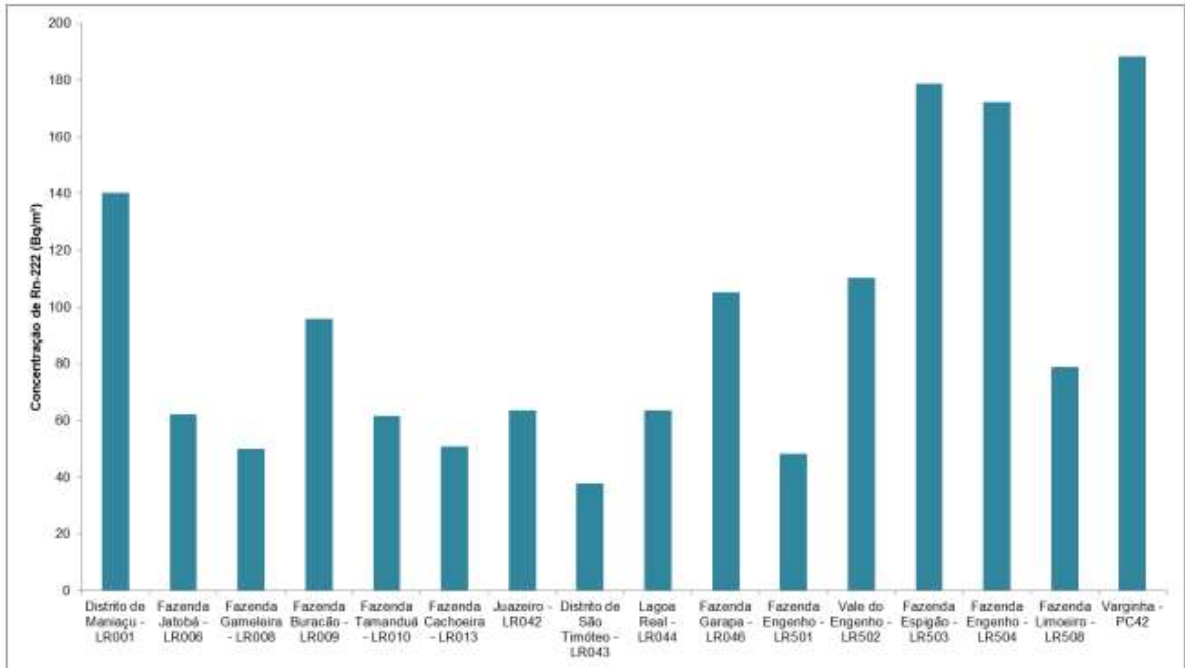
Ano 2007



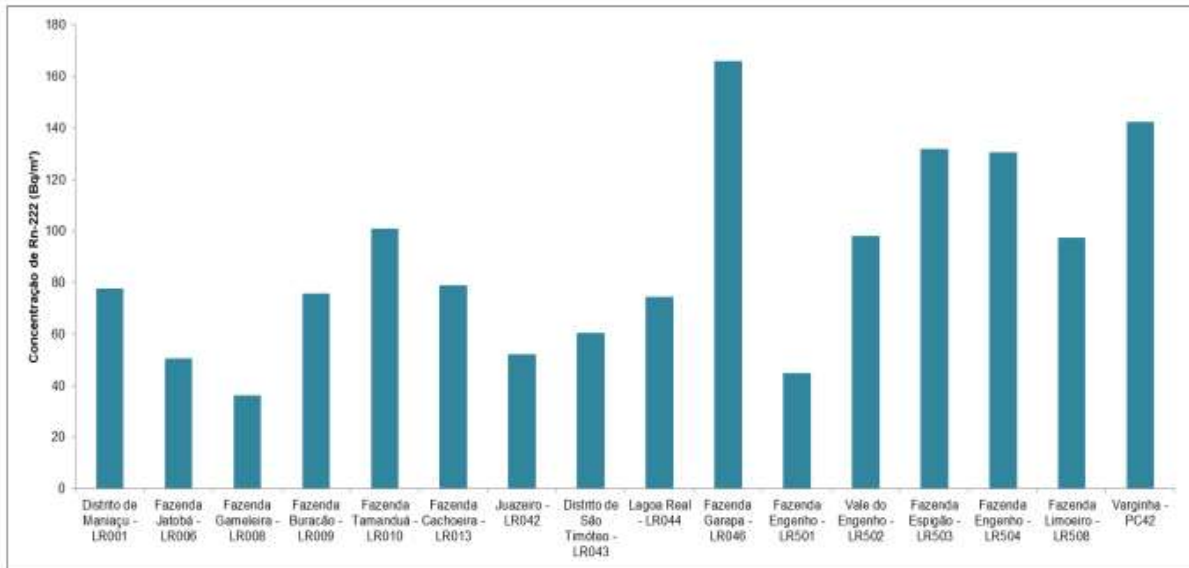
Ano 2008



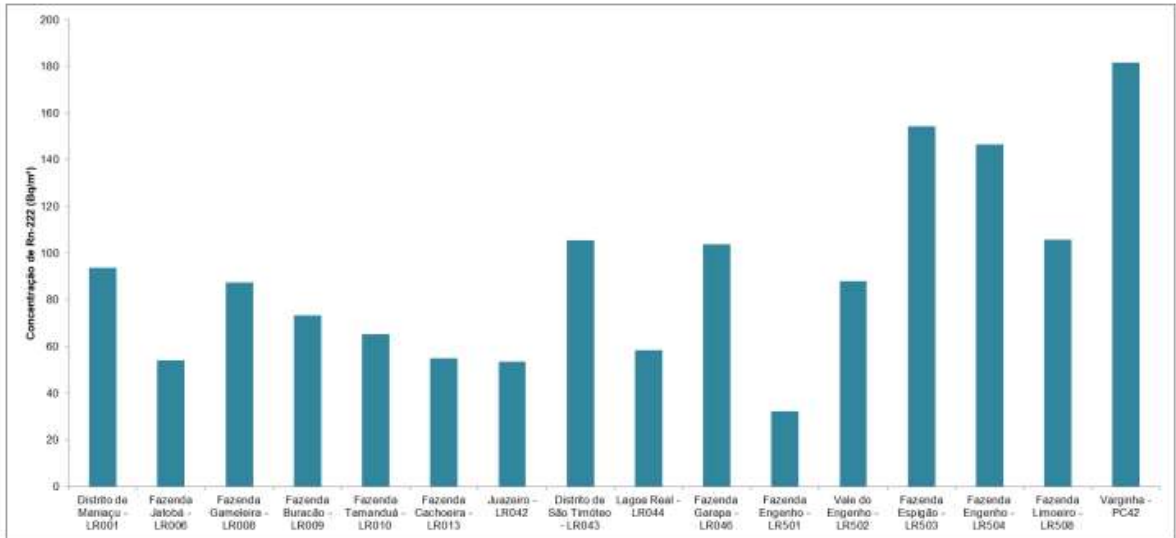
Ano 2009



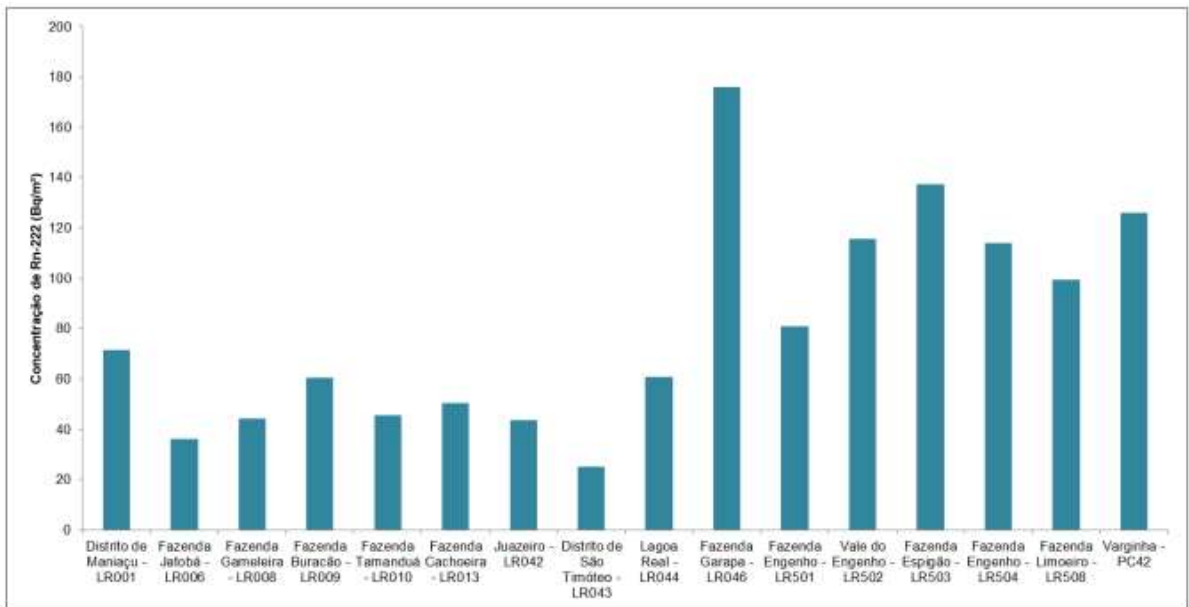
Ano 2010



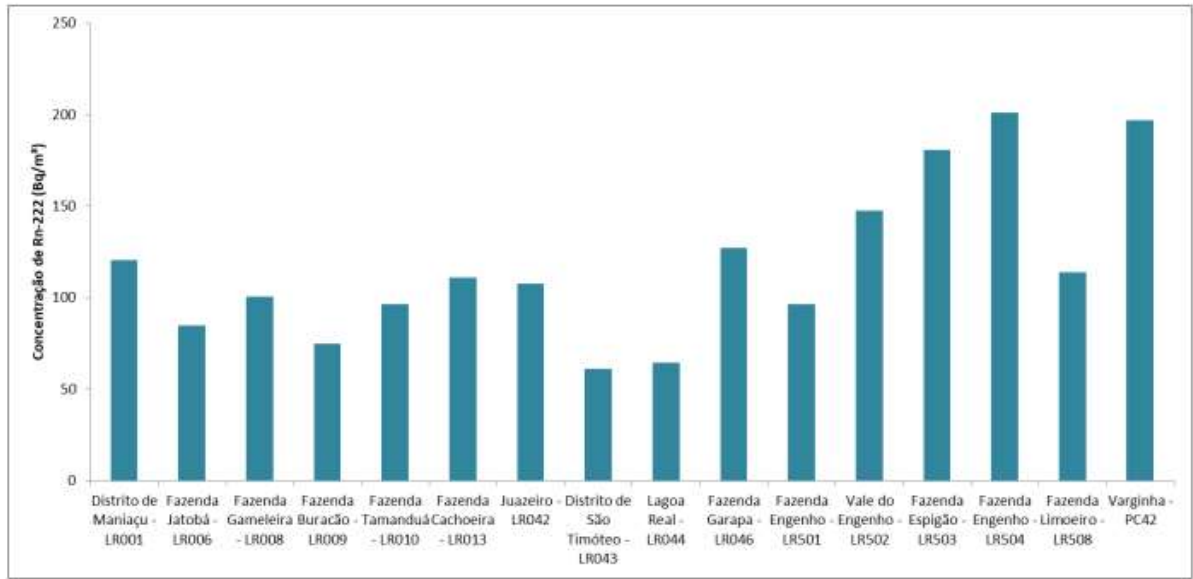
2011



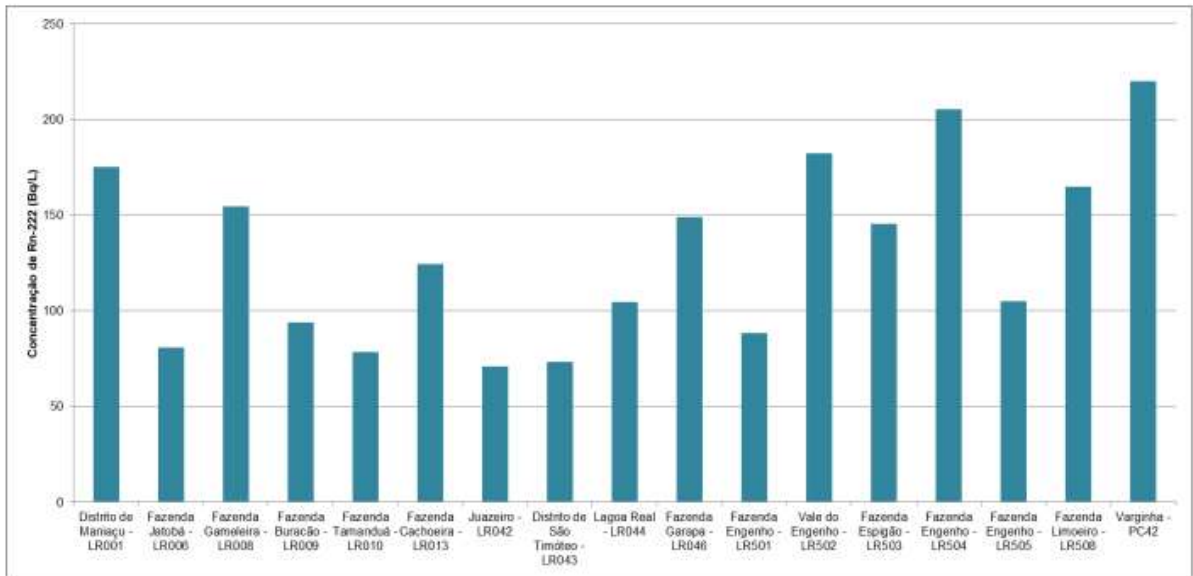
2012



2013



2014



2015

