

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**ESTUDO COMPARATIVO DA EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO
INTERNACIONAL E BRASILEIRA SOBRE REPOSITÓRIOS
GEOLÓGICOS DE REJEITOS RADIOATIVOS**

Daniel Figueira de Barros

Orientador: Prof. Dr. Daniel Marcos Bonotto

Rio Claro - SP

2012

344.046 Barros, Daniel Figueira de
B277e Estudo comparativo da evolução da legislação
internacional e brasileira sobre repositórios geológicos de
rejeitos radioativos/ Daniel Figueira de Barros. - Rio Claro:
[s.n.], 2012
241f. : il., figs., tabs., fots., mapas

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Daniel Marcos Bonotto

1. Direito ambiental. 2. Radiação. 3. BRICS. 4. Legislação
nuclear. 5. Disposição de rejeito radioativo. 6. Repositório
geológico. I. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**ESTUDO COMPARATIVO DA EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO
INTERNACIONAL E BRASILEIRA SOBRE REPOSITÓRIOS
GEOLÓGICOS DE REJEITOS RADIOATIVOS**

Daniel Figueira de Barros

Orientador: Prof. Dr. Daniel Marcos Bonotto

Tese de doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional, para obtenção do título de Doutor em Geologia Regional.

Rio Claro - SP

2012

DEFESA DE TESE DE DOUTORADO

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Daniel Marcos Bonotto - Orientador
Instituto de Geociências e Ciências Exatas/ UNESP/ Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Edson Gomes de Oliveira
Instituto de Geociências e Ciências Exatas/ UNESP/ Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Jorge Luis Mialhe
Faculdade de Direito – Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP (SP)

Prof. Dr. José Alberto Maia Barbosa
Centro Universitário Padre Anchieta/Jundiaí (SP)

Profa. Dra. Sâmia Maria Tauk-Tornisielo
Centro de Estudos Ambientais CEA/UNESP

Daniel Figueira de Barros

Discente

Rio Claro, 22 de junho de 2012.

Resultado: APROVADO

À minha família

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Daniel Marcos Bonotto, orientador desta tese pelos conhecimentos transmitidos e pela grande oportunidade.

À Universidade Estadual Paulista, honrosa casa que me ofereceu esta grande oportunidade para a defesa desta Tese de Doutorado.

À CAPES pelo apoio e motivação inerente.

Aos docentes da UNESP com quem tive contato nesta trajetória até o presente momento: Prof. Dr. Daniel Marcos Bonotto, Prof. Dr. Nelson Angeli, Prof. Dr. Dimas, Prof. Dr. Mário Assine, Prof. Dr. Fowler, Prof. Dr. Fúlfaro, Profa. Dra. Rose Marie, as secretárias Rosângela e Cristina.

E a todos os amigos pela convivência e incentivo!

“...one of the strongest motives that lead men to art and science is escape from everyday life with its painful crudity and hopeless dreariness, from the fetters of one's own ever-shifting desires. A finely tempered nature longs to escape from the personal life into the world of objective perception and thought.”

Albert Einstein.

RESUMO

A disposição final dos rejeitos radioativos de forma segura, à luz do atual desenvolvimento científico e tecnológico, permite duas formas principais possíveis de destinação final: a disposição no meio ambiente ou o confinamento definitivo nos chamados repositórios. O confinamento definitivo implica no isolamento dos rejeitos dentro dos repositórios, por longos períodos de tempo – da ordem de centenas a milhares de anos, dependendo da meia-vida do radionuclídeo. O intuito do estudo é analisar a legislação brasileira, bem como suas normas de disposição de rejeitos de médio, baixo e alto nível de radiação em repositórios geológicos em comparação com a dos outros países do grupo BRICS – Federação da Rússia, Índia, República Popular da China e África do Sul - e com a de países mais desenvolvidos como a Alemanha, os Estados Unidos, a França, o Japão e a Suécia. Há de se ressaltar que no Brasil já existe um repositório gerido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. A tese compara disposições regulatórias, legislação, acordos internacionais e competências de entidades e/ ou agências governamentais, reguladoras, internacionais e brasileiras, contemplando como o Brasil sustenta sua situação atual do ordenamento jurídico e assim, se necessário, poder ser aperfeiçoado ao ser espelhado no que ocorre com as nações selecionadas. Outrossim, o estudo busca relatar o histórico internacional da evolução legislativa sobre a disposição de rejeitos no meio geológico no Brasil e nos países selecionados, por meio de investigação e análise de documentação internacional tendo como base a publicação periódica internacional da Agência de Energia Nuclear (AEN), órgão multinacional e intergovernamental da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) afiliada à Agência Internacional de Energia Atômica das Nações Unidas (AIEA).

Palavras chaves: Direito ambiental, radiação , BRICS, legislação nuclear, disposição de rejeito radioativo, repositório geológico.

ABSTRACT

Comparative study between the international and the Brazilian legislation evolution on geological repositories for radioactive wastes

The final disposal of radioactive wastes safely, in the light of the current, scientific and technological development, allows two main possible final destinations: the disposal in the environment or the confinement into the so-called: final repositories. Confinement implies the definitive waste isolation inside a repository for long periods of time – from hundreds to thousands of years, depending on the half-life of the radionuclide. The purpose of this study is to examine whether the Brazilian legislation, as well as its legal provisions of waste disposal for medium, low and high levels of radiation, are in agreement with other BRIC countries – Russia Federation, India, People’s Republic of China and South Africa – and with more developed countries such as Germany, the United States, France, Japan and Sweden. It is important to mention that in Brazil there is already a geological repository managed by the National Commission of Nuclear Energy - CNEN. The thesis compares regulatory provisions, legislation, international agreements and competences of entities and/ or international regulatory and Brazilian government bodies, showing the Brazilian law current status considering if the law needs improvement when compared to the selected nations. Moreover, the study aims to report the historical evolution of international law on waste disposal in geological environment in Brazil and in the selected countries through international documentation investigation and analysis based on bulletins from the Nuclear Energy Agency (NEA), which is a multinational and intergovernmental body part of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), affiliated to the International Atomic Energy Agency of the United Nations (IAEA).

Key words: Environmental law, radiation, BRICS, nuclear law, radioactive waste disposal, geologic repository.

Lista de Figuras

Figura 01 - Instalação de disposição de rejeitos de muito baixo nível radiação em <i>Morvilliers</i> , no noroeste da França.....	36
Figura 02 – Instalação de disposição de rejeito <i>El-Cabril</i> (administrada pela Empresa Enresa), no município de <i>Hornachuelos</i> , província de Córdoba no sul da Espanha.....	36
Figura 03 - Foto do interior do <i>URL Hades</i> na Bélgica.....	37
Figura 04 – Localização dos principais locais de alijamento de LLW	46
Figura 05 - Foto aérea do repositório de rejeito do acidente de Goiânia em Goiás – círculo.....	75
Figura 06 - Imagem do exemplo de um modelo de repositório a ser idealizado pelo projeto RBMN.....	76
Figura 07 - Localização do maciço granitoide de <i>Nizhnekansky</i> na região de <i>Krasnoyarsk</i>	83
Figura 08 - Mapa da Índia com os nomes de suas usinas nucleares e potência em megawatts de eletricidade	89
Figura 09 - Modelo conceitual do repositório para HLW na China em formação granítica na região de <i>Beishan</i>	95
Figura 10 - Localização do sítio de <i>Beishan</i> no mapa geológico chinês, na província de <i>Gansu</i> , ao noroeste do país	96

Figura 11- A imagem da disposição de tambores contendo LLW e ILW em trincheiras	100
Figura -12. Cobertura de tambores com argila.....	101
Figura 13 - Restauração da vegetação local na superfície do repositório de <i>Vaalputs</i>	101
Figura 14 - Localização exata do repositório de <i>Vaalputs</i> na África do Sul.....	102
Figura 15 - Foto interna do repositório de <i>Morsleben</i>	124
Figura 16 - Localização dos repositórios de rejeitos da Alemanha.....	126
Figura 17 - Foto da entrada Norte do repositório de <i>Yucca</i> datada de 25 de março de 2002.....	145
Figura 18 - Foto da Tuneladora utilizada para a escavação da montanha <i>Yucca</i>	145
Figura 19 - Foto da WIPP perto da cidade de <i>Carlsbad</i> ao sudeste no estado do Novo México, EUA, que teve suas operações iniciadas em 26 de março de 1999, recebendo rejeitos transurânicos provenientes de armamentos de defesa dos EUA	147
Figura 20 - Detalhe da <i>WIPP</i> estadunidense	149
Figura 21 - Vista aérea da montanha <i>Yucca</i> . A seta indica a instalação na entrada norte do repositório.	150
Figura 22 - Posição da instalação do repositório da montanha <i>Yucca</i> , no estado de Nevada, EUA, a 159Km da capital do estado <i>Las Vegas</i>	150

Figura 23 – Localização dos locais sob estudo pela ANDRA a se tornarem futuros repositórios geológicos para rejeitos/resíduos radioativos na França	165
Figura 24 - Localização da instalação de armazenamento de rejeitos vitrificados em <i>Rokkasho-mura</i> no Japão, indicada pela letra “A” no mapa	170
Figura 25 - Foto da fachada do <i>URL</i> de <i>Horonobe</i> , província de Hokkaido no Japão	177
Figura 26 – Modelo de repositório geológico profundo para HLW	178
Figura 27 - Modelo de repositório geológico profundo para HLW	188
Figura 28. Dimensões das cápsulas comparadas com um humano e a instalação do repositório	189

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Mais destacados laboratórios subterrâneos de pesquisa do mundo	38
Tabela 2 - Localização dos principais locais de alijamento de rejeitos radioativos de baixa atividade.....	41
Tabela 3 - Tabela comparativa sobre os principais pontos dos países em estudo no tocante à legislação de repositórios geológicos para rejeitos radioativos.....	207

Lista de Abreviaturas e Siglas

AEC	Atomic Energy Commission (Government of India)
AEC	Atomic Energy Corporation of South Africa Ltd.
AERB	Atomic Energy Regulatory Board
AEN	Agência de Energia Nuclear
AENE	Agência de Energia Nuclear Europeia
AEP	Joint Stock Company Atomic Energy Power Corporation
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ALARA	As Low As Reasonable Achievable
ANDRA	Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs
art.	artigo
BfA	Bundesamt für Atomenergie
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundministerium für Umwelt Natur-schutz und Reaktorsicherheit
Bq	Bequerel
CAEA	China Atomic Energy Authority
CARE	Cavern Retrieval
CBTN	Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear
CDTN	Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear
CDPNB	Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique
CFR	Code of Federal Regulations
CF	Constituição da República Federativa do Brasil
CGR	Centro de Gerenciamento de Rejeitos
CISN	Comité Interministériel de la Sécurité Nucléaire
CLAB	Centralt mellanlager för använt kärnbränsle
CMEA	Council for Mutual Economical Assistance
CNAAB	Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto
CNEC	China Nuclear Engineering & Construction Corporation
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNNC	China National Nuclear Corporation

CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNS	Council for Nuclear Safety
CTDN	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires
CONANBRA	Companhia de Materiais Nucleares do Brasil
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSSIN	Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaires
DBE	Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für
DEFRA	Department for Environment Food and Rural Affairs
DGEMP	Diretoria Geral para Energia e Matérias Primas
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DIN	Departamento de Instalações e Materiais Nucleares
DOD	Department of Defense
DOT	Department of Transport
DME	Department of Minerals and Energy
DRM	Departamento de Recursos Minerais da CNEN
DRS	Diretoria de Radioproteção e Segurança da CNEN
DSIN	Direction de Sûreté des Installations Nucléaires
EARP	Environmental Assessment and Review Process
EARPGO	Environmental Assessment and Review Process Guidelines Order
EnPA	Energy Policy Act of 1992
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIS	Environment Impact Statement
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
ENEA	European Nuclear Energy Agency
ERDA	Energy Research and Development Administration
ERISS	Environmental Research Institute of the Supervising Scientist
EUA	Estados Unidos da América
EURATOM	European Atomic Energy Commission
FBFC	Franco-Belge de Fabrication du Combustible
FEA	Federal Energy Administration
FEARO	Federal Environmental Assessment Review Office
FEPC	Federation of Electric Power Companies

FPC	Federal Power Commission
FR	Federação da Rússia
g	Gramma
GGR	Gerência de Rejeitos Radioativos
GRS	Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit mbH
GWe	Gigawatts de energia
HLW	High Level Waste
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IEA	Instituto de Energia Atômica
IEN	Instituto de Engenharia Nuclear
ILW	Intermediate Level Waste
INB	Indústrias Nucleares do Brasil S.A.
INEL	Idaho Nuclear Engineering Laboratory
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPR	Instituto de Pesquisas Radioativas
IPSN	Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
IRG	Interagency Review Group
IRSN	Institute de Radioprotection et Sûreté Nucléaire
JAEA	Japan Atomic Energy Agency
JAERI	Japan Atomic Energy Research Institute
JNC	Japan Nuclear Cycle Development Institute
KBS	Kärnbränslesäkerhet (Segurança do Combustível Nuclear)
KTA	Kerntechnischer Ausschuß
Km	quilômetro
LAFSS	Loi sur l'Agence Française de Sécurité Sanitaire
LI	Licença de Instalação
LLW	Low Level Waste
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
LWR	Light Water Reactor
m	Metro

mbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry
MITI	Ministry of International Trade and Industry
MLW	Mid Level Waste
MMEA	Minister for Mineral and Energy Affairs
MME	Ministério de Minas e Energia
mSv	Milisievert
NAS	National Academy of Sciences
NCB	Nuclear Control Board
NEA	Nuclear Energy Agency
NECSA	South African Nuclear Energy Corporation
NEPA	National Environmental Protection Act
NII	Nuclear Installations Inspectorate
NLB	Nuclear Law Bulletin
NNSA	National Nuclear Safety Administration
NNR	National Nuclear Regulator
NPP	Nuclear Power Plant
NPT	Non-proliferation of Nuclear Weapons Treaty
NRC	National Research Council
NRM	Normas Reguladoras de Mineração
NUMO	Nuclear Waste Management Organisation
NUSS	Nuclear Safety Standards
NWPA	Nuclear Waste Policy Act of 1982
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
OPRI	Office de Protection Contre les Rayonnements Ionisants
OSS	Office of Supervising Scientist
PNC	Reactor Nuclear Power and Fuel Development Corporation
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
Pu	Plutônio
RAR	Reasonably Assured Resources

RAS	Relatório de Análise de Segurança
RDA	República Democrática da Alemanha
RFA	República Federal da Alemanha
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RPAS	Relatório Preliminar de Análise de Segurança
RPC	República Popular da China
RRM	Radioactive Residue Materials
RSK	Reaktor-Sicherheitskommision
SAAS	Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz
SCPRI	Service Central de Protection Contre les Rayonnements Ionisants
SCSIN	Service Central de la Sûreté des Installations Nucléaires
SFS	Svensk Författningssamling
SKB	Svensk Kärnbränslehantering AB
SKI	Statens kärnkraftinspektion
SNPI	Swedish Nuclear Power Inspectorate
SPCRWM	State Planning Council on Radioactive Waste Management
SRPI	Swedish Radiation Protection Institute
SSI	Statens Strålskyddsinstitut
SSM	Strålsäkerhetsmyndigheten
Sv	Sievert
ton	Tonelada
U	Urânio
UNEP	United Nations Environmental Program
URL	Underground Research Laboratory
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
US\$	Dólar Norte Americano
USAEC	Unites States Atomic Energy Commission
USDOE	United States Department of Energy
USDOI	Unites States Department of Interior
USEPA	United States Environmental Protection Agency
USGS	United States Geological Survey
USNRC	United States Nuclear Regulatory Commission
VOAS	Ordinance on Nuclear Safety and Radiation Protection
WIPP	Waste Isolation Pilot Plant

SUMÁRIO

Dedicatória	v
Agradecimentos	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas e Siglas	xiv
INTRODUÇÃO	22
Justificativa.....	24
Objetivo	26
MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
CAPÍTULO 1	27
REJEITOS RADIOATIVOS	29
1.1 – Aspectos Gerais dos Repositórios Geológicos.....	34
CAPÍTULO 2	42
EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO RELACIONADA AOS REPOSITÓRIOS GEOLÓGICOS NOS PAÍSES SELECIONADOS	42
2.1 - Agência de Energia Nuclear.....	42
2.2 Alijamento de rejeitos nos oceanos	44
CAPÍTULO 3	50
LEIS E REGULAMENTOS NOS PAÍSES SELECIONADOS	50
3.1 - Brasil: Panorama da legislação e de órgãos responsáveis pelo setor nuclear no país.....	51
3.1.1 - Marcos regulatórios e legislativos do Brasil sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.	55
3.1.2 - Legislações estaduais	68

3.1.3 - Situação atual dos repositório/depósitos de rejeitos	72
3.1.4 - O Projeto RBMN.....	74
3.2. - Federação da Rússia (FR)	76
3.2.1 - Regulamentação da FR apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978.	77
3.2.2 - Marcos regulatórios e legislativos da FR sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.....	78
3.2.3 - Situação atual dos repositórios na FR.....	82
3.3. - Índia	84
3.3.1 - Marcos regulatórios e legislativos da Índia sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.....	85
3.3.2 - Situação atual dos repositórios na Índia.....	88
3.4 - República Popular da China (RPC)	90
3.4.1 - Marcos regulatórios e legislativos da RPC sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.....	90
3.4.2 - Situação atual dos repositórios na RPC	94
3.5 - África do Sul.....	96
3.5.1 - Marcos regulatórios e legislativos da África do Sul sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos	96
3.5.2 - Situação atual dos repositórios na África do Sul	99
3.6 – Alemanha	102
3.6.1 - Regulamentação da República Federal da Alemanha apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978.....	103
3.6.2 - Marcos regulatórios e legislativos da Alemanha sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos	106
3.6.3 - Situação atual dos repositórios na Alemanha	121
3.7 - Estados Unidos da América	127
3.7.1 - Regulamentação dos EUA apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978	127
3.7.1.1 - A competência da NRC para regulamentar os rejeitos radioativos	130
3.7.1.2 - O Programa de Gerenciamento de Rejeitos da NRC.....	130
3.7.1.3 - Programa de rejeitos de alto nível.....	131
3.7.1.4 - Programas de rejeitos de nível baixo	132
3.7.2- Marcos regulatórios e legislativos dos EUA sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.....	133

3.7.3 - Situação atual dos repositórios nos EUA	148
3.8 - França	151
3.8.1 - Regulamentação da França apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978	151
3.8.2 Marcos regulatórios e legislativos da França sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.....	154
3.8.3 - Situação atual dos repositórios na França	163
3.9 - Japão	165
3.9.1 - Regulamentação do Japão apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978	166
3.9.2 - Marcos regulatórios e legislativos do Japão sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.....	168
3.9.3 - Situação atual dos repositórios no Japão.....	176
3.10 - Suécia	178
3.10.1 - Regulamentação da Suécia apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978 (IAEA, 1980).....	179
3.10.2 - Marcos regulatórios e legislativos da Suécia sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.....	180
3.10.3 Situação atual dos repositórios na Suécia.....	187
DISCUSSÃO	191
CONCLUSÃO.....	208
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	212

INTRODUÇÃO

Um dos assuntos de destaque na pauta do diálogo internacional após a II Guerra Mundial até os dias de hoje é sobre as inter-relações entre o desenvolvimento e o meio ambiente. Este assunto certamente fez aflorar na consciência mundial a percepção de que o próprio homem poderia, pelo uso equivocado da tecnologia, destruir a humanidade. As raízes deste diálogo encontraram solo fértil no movimento ambiental surgido na década de 60. No final do século XX, o diálogo caracterizava-se pelo esforço para se estabelecer estratégias que conduzissem a mudanças de atitude da civilização, de modo a assegurar uma sociedade, uma economia e um meio ambiente saudável, de acordo com os conceitos do desenvolvimento sustentável (CIPRIANI, 2002).

Historicamente diversos acidentes e tragédias ambientais tem dado azo às discussões acima, como o envenenamento por mercúrio advindo de uma indústria na baía pesqueira da cidade de *Minamata* no Japão (localizada no extremo nordeste do país) nos anos 50, que causou a morte e sequelas de milhares de animais e pessoas naquela região. O assunto foi descrito no livro “O Paraíso no Mar de Tristeza” (*Paradise in the Sea of Sorrow*) de Michiko Ishimure em 1969 que descreveu os gatos “dançando” pelas ruas, surtos de psicoses nas pessoas e convulsões severas oriundas da “doença de Minamata” (ISHIMURE, 2003).

Apesar de outros acidentes, uma nova consciência ambiental e de atitude na civilização tomou força também com o lançamento do livro “Primavera Silenciosa” (*Silent Spring*) da bióloga norte-americana Rachel Carson em 1962. No livro, a autora analisou as consequências decorrentes do crescente uso de pesticidas sobre o meio ambiente e o ser humano, demolindo a ideia de que o meio ambiente tinha uma capacidade infinita de absorver poluentes (CARSON, 2010).

Outras publicações importantes e naquele sentido foram as do Clube de Roma¹ ações bem como ações mais organizadas deram ensejo à realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, sediada em Estocolmo, na Suécia,

¹ Grupo informal de economistas, educadores e industriais que, em 1970, possuía 75 membros de 25 países. Seu objetivo era contribuir para a compreensão dos principais fatores econômicos, políticos e sociais causadores de problemas que extrapolavam a competência das instituições e políticas tradicionais. A degradação ambiental era um desses problemas. Após a realização de estudos o Clube de Roma concluiu que a população, produção agrícola, recursos naturais, produção industrial e poluição seriam os principais fatores limitadores do crescimento. Concluiu, ainda, ser fundamental a conscientização da população a respeito da esgotabilidade dos recursos e adoção de um posicionamento crítico com relação às políticas atuais adotadas (MCCORMICK, 1999).

em 1972, que teve como lema "Uma só Terra", a qual levou à criação do *United Nations Environmental Programme* (UNEP) e ao estabelecimento de agências nacionais de proteção ambiental em diversos países (CIPRIANI, 2002; UNEP, 2006)

A indústria civil nuclear, por meio de usinas nucleares, ganhou força após a II Guerra Mundial (CIPRIANI, 2002) e é esperado que o número de reatores nucleares em todo o mundo aumente em 30% na próxima década, devido ao aumento constante no consumo de energia, isso equivale a mais de um novo reator nuclear ao mês para os próximos 10 anos dando como certo que os rejeitos e resíduos nucleares se tornarão uma questão ainda mais importante. Com a indústria de gerenciamento de rejeitos radioativos rendendo bilhões de dólares por ano, é fundamental que todos os rejeitos sejam armazenados, embalados e, finalmente, dispostos de uma forma que seja segura, eficaz e aceitável para as entidades reguladoras e ao público (ARENA, 2010).

A utilização de repositórios geológicos como maneira de disposição dos rejeitos radioativos, foi a solução tecnológica da atualidade encontrada por alguns países para dar um destino final aos rejeitos, principalmente os de atividade alta como veremos adiante. Outros países estão apenas armazenando os rejeitos e assim aguardando por uma nova tecnologia a ser descoberta pela humanidade para dar uma destinação definitiva ou reaproveitamento a esses rejeitos (ARENA, 2010).

Os principais eventos que influíram na temática sobre repositórios podem ser divididos em: implantação das agências reguladoras ao longo dos anos; evolução dos conceitos de proteção da saúde dos trabalhadores e indivíduos do público e do meio ambiente contra os possíveis danos da radiação ionizante; evolução dos conceitos da política de proteção ambiental e de políticas de responsabilidade em lidar com este material (ARENA, 2010).

É importante esclarecer que as definições de "rejeito" e "resíduo" serão de acordo com a legislação brasileira – as normas da CNEN em capítulo específico - para fins de equiparação, ou seja, Rejeito Radioativo ou simplesmente Rejeito é qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radionuclídeos² em quantidades superiores aos limites de isenção, estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista. Já o Resíduo Radioativo ou simplesmente Resíduo é qualquer substância remanescente

2 Ou radioisótopo, é um nuclídeo emissor de radiação, sendo que um nuclídeo, é o nome dado a um núcleo caracterizado por um número atômico (Z) e um número de massa (A).

gerada em instalações minero-industriais que contenham radionuclídeos das séries naturais do urânio e ou tório, para a qual a reutilização é possível, levando em consideração aspectos de proteção radiológica estabelecidos pela CNEN (CNEN, 2003).

Justificativa

A preocupação mundial em buscar fontes de energia alternativas às convencionais (carvão, petróleo, biodiesel e hidrelétricas) baseia-se no caráter não renovável dos combustíveis fósseis, na tentativa de diminuição da emissão de gás carbônico (CO₂), no aumento da demanda por energia e na escassez (em alguns países) de recursos fósseis e hídricos, bem como aliviar urgentemente os inconvenientes do aquecimento global e suas consequências.

Entre as alternativas para geração de energia em larga escala, a nuclear é uma opção para o desenvolvimento da economia mundial.

Neste contexto, a energia nuclear desempenha múltiplas funções: 1) como uma fonte de eletricidade e de processo térmicos economicamente eficiente e ambientalmente vantajosos; 2) com um setor industrial intensivo em conhecimento e de tecnologias avançadas, capaz de proporcionar incontáveis benefícios para a economia com um todo; 3) com o foco de progresso revolucionário na ciência e na tecnologia nas décadas vindouras; e 4) como o foco de uma mudança de paradigma cultural e educacional, centrada na ideia da participação do homem em um Universo nuclear (TENNENBAUM, 2009).

Não se deve olvidar que a energia nuclear corporifica uma revolução que, sete décadas após a descoberta da fissão nuclear, ainda se encontra em suas fases iniciais, sendo considerada por Tennembaum (2009), na “idade do bronze”.

Este autor destaca que programas atuais de geração núcleo-elétrica para uma segunda eletrificação das nações necessitam de esforços paralelos para aperfeiçoamentos técnicos, sendo que com relação à energia nuclear a dificuldade primordial na geração de energia é o rejeito radioativo produzido pelas centrais nucleares. O problema não reside na falta de soluções práticas *ad hoc* para o manejo, reprocessamento e armazenamento em médio prazo dos rejeitos radioativos, sendo que algumas soluções existem e se encontram incorporadas às operações de rotina do setor nuclear (TENNEMBAUM, 2009).

Mas o próprio fato de que os atuais reatores de fissão geram misturas de um grande número de isótopos radioativos com diferentes características físico-químicas, que devem ser isolados do ambiente humano por longos períodos, constitui um ponto fraco em toda a tecnologia nuclear até então conhecida, respondendo por um custo considerável do custo da energia nuclear.

Os rejeitos radioativos são associados a todas as fases do ciclo do combustível nuclear³ e ao uso de materiais radioativos na indústria, medicina, militar e pesquisa e eles devem ser geridos de forma segura. Os mais perigosos são os rejeitos de longa duração, como o combustível nuclear irradiado e os rejeitos de alto nível de radioatividade oriundos de reprocessamento de combustível, os quais devem estar contidos e isolados de humanos e do ambiente por dezenas de milhares de anos. A disposição destes rejeitos em instalações técnicas de engenharia, ou repositórios, localizado em subsolo profundo em formações geológicas adequadas está sendo desenvolvida em todo o mundo como uma solução de referência, a fim de proteger os seres humanos e o ambiente tanto agora quanto no futuro. A disposição geológica técnica é assim vista como o ponto final do gerenciamento de rejeitos radioativos e fornecendo segurança sem a necessidade de intervenção humana reiterada (NEA, 2008).

O engenheiro elétrico sueco e ganhador do Nobel de Física de 1970, Hannes Olof Gösta Alfvén, já havia descrito o dilema ainda não resolvido do gerenciamento de rejeitos de alto nível de radiação há mais de 30 anos:

O problema é como manter os resíduos radioativos em depósito até que ocorra o decaimento depois de centenas de milhares de anos. O depósito geológico deve ser absolutamente confiável por causa das quantidades de veneno que são enormes. É muito difícil satisfazer estes requisitos, pela simples razão de que não tivemos nenhuma experiência prática com esse projeto em longo prazo. Além disso, o armazenamento permanentemente custodiado, requer uma sociedade com estabilidade sem precedentes” (BALZANI e ARMAROLI, 2011).

Assim, Alfvén identificou dois pré-requisitos fundamentais para um gerenciamento eficaz de rejeitos radioativos de alto nível: (1) formações geológicas

³ Ciclo do combustível nuclear, ou seja, as fases que vão desde a **mineração do urânio**, assim lixiviado com ácido sulfúrico obtendo-se o óxido de urânio (U_3O_8), passando pela **reconversão** para o hexafluoreto de urânio (UF_6), após **enriquecido** na base de 3% de U-235, em seguida fabricando-se o **elemento combustível** (pastilhas de urânio de 1 centímetro de altura por 0,8 centímetros de diâmetro empilhadas dentro de uma espécie de vareta); depois enviado para ser usados em **reatores de usinas nucleares**, após utilizado virando **combustível irradiado**, podendo ser **reprocessado** (separando-se o urânio que sobrou do plutônio e outras substâncias, o urânio que restou pode ser reutilizado), prosseguindo para o estágio da **vitrificação** e por fim o armazenamento **ou disposição final do rejeito** (WNA, 2011a).

estáveis e (2) a estabilidade das instituições humanas ao longo de centenas de milhares de anos. No entanto, nenhuma civilização humana conhecida jamais resistiu por tanto tempo. Além disso, nenhuma formação geológica de tamanho adequado para um repositório permanente ainda não foi descoberta para ser estável por um período tão longo (BALZANI e ARMAROLI, 2011).

Com isto novas políticas e legislações devem e deverão ser aperfeiçoadas e criadas, e pode-se de imediato tomar como exemplo normas internacionais em práticas em outros países.

Para fins de comparação com o Brasil, foram escolhidos os países do grupo BRICS⁴: Federação da Rússia, Índia, República Popular da China, África do Sul e Alemanha, Estados Unidos da América (EUA), França, Japão e Suécia. A seleção foi feita da seguinte maneira: As nações do grupo BRICS pelo Brasil estar inserido neste grupo economicamente emergente no contexto atual (como será visto adiante); a Alemanha por ter sido um país que teve importantes tratados e alianças com o Brasil no campo da energia nuclear, idealizando a usina nuclear de Angra II no estado do Rio de Janeiro; os EUA e a Suécia por serem países com os maiores avanços no campo de repositórios geológicos; a França por ser a nação ocidental que tem a maioria de sua energia elétrica produzida por usinas nucleares e executa o ciclo completo do combustível nuclear e possui um extensivo uso do reprocessamento de combustível nuclear na Europa assim como o Japão na Ásia.

Objetivo

Este estudo tem como escopo realizar um estudo comparativo da legislação nacional e internacional relacionada com aspectos regulatórios de disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos, tomando principalmente como foco os rejeitos de alto nível de radioatividade, principalmente os oriundos de reatores nucleares e usinas de reprocessamento.

Neste sentido um estudo comparativo de legislação será feito entre o Brasil e os países selecionados, com o propósito de demonstrar como está o panorama atual da legislação sobre repositórios geológicos no Brasil.

⁴ Sigla para *Brazil, Russia, India, China* e *South Africa* (nota do autor).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo foi utilizada principalmente a pesquisa bibliográfica em livros específicos, periódicos, documentos eletrônicos, resumos, pesquisas acadêmicas e participação em conferências nacionais e uma internacional sobre o assunto e visitas técnicas às regiões de extração de urânio no município de Caldas no estado de Minas Gerais - Brasil e as instalações do Centro Nuclear Almirante Álvaro Alberto - Eletronuclear - ELETROBRÁS Termonuclear S.A., onde se encontram as usinas nucleares de Angra I e II, no município de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro.

Dentre os documentos pesquisados destaca-se a publicação denominada *Nuclear Law Bulletin* (Boletim do Direito Nuclear), da Agência de Energia Nuclear (AEN), entidade afiliada à Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e à Organização para a Cooperação Econômica (OCDE), que desde 1968 publica disposições regulatórias legais, acordos, alterações legislativas, estudos de casos jurídicos e demais assuntos voltados à legislação de vários países do mundo com o escopo de publicidade para comparação legislativa das nações bem como a uniformização, que obviamente vai depender de circunstâncias específicas de cada país (NLB, 1968).

Dados de sítios oficiais de agências responsáveis pelos rejeitos radioativos dos países selecionados corroboraram em agregar atualidade e precisão aos dados colecionados na tese.

Houve participação em Conferência realizada em Londres – Inglaterra, em setembro de 2010, cujo foco foi desafios sobre o rejeito nuclear, armazenamento provisório e em longo prazo.

A estrutura da tese segue o modelo de revisão, onde os dados são colecionados, expostos e ordenados cronologicamente e ao final, no item discussão, eles são entrelaçados por meio de argumentação, com o fim de se ter a devida conclusão sobre o assunto.

O referencial metodológico foi de cunho histórico e dialético, considerando-se a evolução histórica das agências reguladoras e medidas legais e governamentais no campo do gerenciamento do rejeito nuclear. Ao se estender a investigação para os países selecionados, a profundidade do estudo foi limitada à disponibilidade oferecida pelas fontes consultadas.

A reconstrução histórica buscou trazer à tona como cada nação evoluiu até os dias atuais com relação às suas legislações federais, estaduais, e ainda a situação atual dos repositórios geológicos de cada país, com delimitação à exposição das opiniões e afirmativas colecionadas de diversos autores e documentos oficiais.

Os princípios dialéticos foram construídos ao final da tese, sendo um eixo orientador e crítico para a análise e argumentação da problemática dos países selecionados e da brasileira no campo da legislação de rejeitos radioativos e seu destino no meio geológico.

A comparação e análise crítica de regulamentações e evoluções cronológicas sobre os rejeitos de baixo, médio e alto nível de radioatividade dos países selecionados também é conduzida ao final da tese, nas discussões, salientando-se que a ênfase são para os rejeitos de alto nível de radioatividade.

CAPÍTULO 1

REJEITOS RADIOATIVOS

As ciências da radiação atômica e fissão nuclear foram desenvolvidas de 1895 a 1945, sendo que de 1939 para 1945 elas tiveram grande avanço voltadas principalmente para o campo militar com o desenvolvimento de bombas como, por exemplo, o projeto Manhattan⁵.

De 1945 a 1955 a atenção foi dada a aproveitar esta energia de forma controlada para a propulsão naval e para a eletricidade. A partir de 1956 o foco principal foi sobre a evolução tecnológica da confiança nas usinas nucleares.

Dos anos 60 em diante, a indústria nuclear tem se voltado para a exploração comercial da energia núcleo-elétrica, medicina, agricultura, indústrias, dentre outros setores, fase denominada de indústria nuclear civil. As informações até os anos 50 são mais difíceis de serem obtidas, devido ao seu caráter sigiloso e confidencial, conseqüentemente as análises deste período não possuem muita consistência. Portanto no segundo período, pós anos 60, mesmo com falta de informação para alguns países, como a China e União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, por exemplo, as análises possuem maior exatidão.

Com a crise do petróleo e a conseqüente alta do preço do barril nos anos de 1973 e 1978, por causa de conflitos e desentendimentos no Oriente Médio, houve uma queda no virtuoso ciclo de crescimento que o ocidente até então provara, fazendo-o assim buscar por novas fontes de energia, entre elas a nuclear. Em meados dos anos 50 até a década de 70 a indústria de reatores nucleares comerciais cresceu consideravelmente, mas em meados dos anos 80, a indústria nuclear e o interesse pelo urânio sofreram um duro golpe devido ao acidente na usina nuclear de *Chernobyl*, na Ucrânia (CIPRIANI, 2002).

Um dos mais importantes percalços da indústria nuclear é a geração de resíduos e rejeitos radioativos, os quais têm sido gerados desde o tempo de Marie Curie e continuam a ser em todo o mundo a uma taxa crescente que as nações vêm

⁵ Formalmente chamado de Distrito de Engenharia de Manhattan, foi realizada em *Los Alamos*, Novo México, no centro de pesquisa estabelecida em março de 1943 e foi um esforço durante a Segunda Guerra Mundial para desenvolver as primeiras armas nucleares pelos Estados Unidos da América com o apoio do Reino Unido e do Canadá. O projeto foi dirigido pelo General Leslie R. Groves e a sua pesquisa foi dirigida pelo físico estadunidense J. Robert Oppenheimer, após ter ficado claro que uma arma de fissão nuclear era possível e que a Alemanha Nazista estava também investigando tais armas. A bomba atômica sobre Hiroxima e Nagasaki em 1945 foi a materialização do projeto Manhattan (NWA, 1999).

se preocupando com locais seguros para estocá-los de modo eficiente (KENDORSKI, 1984).

Gerenciamento e disposição de rejeitos radioativos são uma das principais questões associadas ao uso da energia nuclear. Vários conceitos para a disposição destes rejeitos têm sido propostos, estudados e praticados. É aceito que a disposição dos rejeitos radioativos é uma atividade que deve ser devidamente regulamentada pelos governos nacionais, a fim de se alcançar e manter a proteção necessária para o homem e seu ambiente a partir do perigo potencial que representam. Aspectos regulatórios legais desempenham, portanto, um papel fundamental no estudo, implementação e controle de um sistema nacional de destinação adequada de rejeitos e resíduos. Uma solução encontrada por vários países foi o armazenamento em repositórios geológicos (IAEA, 1980), conforme tese defendida por Hannes Olof Gösta Alfvén, vista na introdução deste estudo.

A AIEA define o termo disposição (*disposal*) como "A colocação de rejeitos em uma instalação, aprovada e específica (por exemplo, na superfície, na subsuperfície ou a dezenas ou centenas de metros da superfície), sem a intenção de recuperação. A disposição também pode incluir a descarga direta autorizada de efluentes (por exemplo, líquidos e resíduos gasosos) para o ambiente e a sua subsequente dispersão" (IAEA, 1994).

Destaca-se que a principal distinção entre a "disposição" e "armazenamento" é a frase "sem a intenção de recuperação". Se a recuperação de rejeitos for pretendida, então, é "o armazenamento em longo prazo", ou "armazenamento permanente", podendo o material estar em uma instalação de armazenamento de longo prazo, ou armazenamento provisório. Embora haja discussões no sentido de que mesmo os materiais estando dispostos nos repositórios, gerações futuras visem à necessidade de acessá-los para uma possível utilização.

Todas as atividades que envolvem o uso de materiais nucleares geram, em alguma etapa do processo, os rejeitos radioativos. Estes rejeitos precisam ter um destino, podendo ser confinados, tratados, dispersos no meio ambiente, e armazenados, é o que se denomina gerenciamento de rejeitos radioativos.

Existe um consenso internacional de que as atividades de gerenciamento de rejeitos radioativos devem ser conduzidas sob os princípios éticos de proteção das gerações presentes e futuras e ainda de proteção ao meio ambiente. Há também um entendimento sobre a necessidade de se estabelecer um marco legal, ou seja, um

conjunto de leis e requisitos legais subsidiários, que conceda garantias necessárias para o desenvolvimento e financiamento daquelas atividades, como também que dê garantias da continuidade e manutenção das instituições e de suas responsabilidades pelo tempo que for necessário (HIROMOTO et al, 1999).

A AIEA tem solicitado a criação de um marco legal para os países, como requisito básico que precisa ser satisfeito para assegurar que o gerenciamento dos rejeitos seja realizado com segurança, bem como a instituição apoia nações que estão desenvolvendo programas de gerenciamento de rejeitos radioativos desde os aspectos regulatórios e legais até a efetiva prática da disposição dos rejeitos radioativos (IAEA, 2006).

Os rejeitos radioativos podem ser classificados por diversos critérios, como:

- Requisitos de segurança para seu manuseio;
- Estágio de desenvolvimento da indústria nuclear em um país;
- Regulamentos e normas de transporte;
- Características físico-químicas;
- Concentração de material radioativo presente nos rejeitos, etc (IAEA, 2006; ELETRONUCLEAR, 2010).

Nestas classificações são comumente utilizados os termos “nível baixo”, “nível médio” e “nível alto”, e embora os valores numéricos que diferenciam estes termos sejam distintos em diversos países, as nações, em geral, seguem os seguintes conceitos:

- **rejeitos de nível baixo ou de baixa atividade** - não requerem blindagem para manuseio e transporte - internacionalmente conhecidos como *Low Level Waste – LLW*. São por exemplo: papéis, plásticos, vestimentas, ferramentas e a maior parte dos gases e dos líquidos ativados ou contaminados produzidos durante a operação de uma usina nuclear. Com a finalidade de redução de seus volumes, esses rejeitos são usualmente compactados antes da disposição final (ELETRONUCLEAR, 2010).
- **rejeitos de nível médio ou de média atividade** - requerem blindagem para manuseio e transporte e não são geradores de calor - denominados *Intermediate* ou *Mid Level Waste ILW/ MLW* -; compreendem: filtros, resinas, concentrado do evaporador e outros

materiais que sofreram contaminação. Os rejeitos do tipo ILW são solidificados ou imobilizados em materiais inertes, tal como o concreto, betume ou cerâmicas vítreas (ELETRONUCLEAR, 2010).

- **rejeitos de nível alto ou de alta atividade**- requerem blindagem e também resfriamento, uma vez que são geradores de calor - internacionalmente denominados de *High Level Waste* - *HLW*. O combustível nuclear irradiado de uma usina nuclear se constitui como fonte de material radioativo de alta atividade e longa duração, quando visto sob a ótica de rejeitos, pois, se pensado no ciclo completo do combustível, ainda existe a possibilidade de reprocessamento e reutilização do mesmo para gerar maiores quantidades de energia. Para o seu resfriamento são necessários cerca de 10 anos, sendo que são armazenados inicialmente⁶ em piscinas de resfriamento de combustível irradiado, ou queimado, junto às instalações nucleares (ELETRONUCLEAR, 2010).
- **rejeitos transurânicos** (classificação nos EUA).

Na prática, utiliza-se principalmente a classificação referente às características físicas e químicas e ao tipo de tratamento que o rejeito será submetido.

Os rejeitos radioativos podem ser ainda classificados de acordo com sua origem, em três principais grupos: rejeitos institucionais, rejeitos do ciclo do combustível e rejeitos de descomissionamento (HIROMOTO et al, 1999).

Os rejeitos institucionais são aqueles gerados na produção de radioisótopos e na aplicação destes na indústria, clínicas médicas, hospitais, centros de pesquisa, agricultura, dentre outros.

Já os rejeitos do ciclo do combustível são aqueles gerados durante as etapas do ciclo de fabricação e utilização do combustível nuclear, desde a mineração até o reprocessamento ou armazenamento do elemento combustível⁷ irradiado.

⁶ Pela norma da CNEN-NN6.09 de 2002 entende-se por *Armazenamento* o confinamento de rejeitos radioativos por um período definido e *Armazenamento Inicial* o Armazenamento Temporário de rejeitos radioativos no espaço físico da instalação que os tenha gerado (CNEN, 2002).

⁷ Um elemento combustível é formado por mais de 230 varetas combustíveis rigidamente posicionadas em uma estrutura metálica formada por grades espaçadoras. Cada vareta tem quatro metros de comprimento e cerca de 10 milímetros de diâmetro. Nelas são armazenadas as pastilhas de UO₂. Também fazem parte do elemento combustível, tubos guias e bocais, entre outros componentes (INB, 2011).

Descomissionamento significa o conjunto de práticas adotadas no final da vida útil de uma instalação, para inativá-la de forma segura para a saúde do trabalhador, do público em geral e do meio ambiente. Estas práticas podem variar desde um simples fechamento de uma instalação com remoção mínima de materiais radioativos, até uma completa remoção da instalação, que inclui a descontaminação, desmontagem de equipamentos, desmantelamento de componentes, remoção de edificações, pavimentos e solos. Por este motivo, as características dos rejeitos radioativos gerados em um processo de descomissionamento variam muito (HIROMOTO et al, 1999).

Há de se ressaltar que os rejeitos ainda podem estar em diferentes estados físicos da matéria como no reprocessamento do elemento combustível que tem por objetivo separar ^{235}U , ^{238}U e ^{239}Pu dos produtos de fissão contidos no elemento combustível “queimado”, para assim reutilizá-los na fabricação de novos elementos combustíveis. Durante o reprocessamento são gerados rejeitos sólidos, líquidos e gasosos.

Não serão enfocadas neste estudo as diversas técnicas de tratamento dos rejeitos radioativos, embora vale comentar que depois de tratados e imobilizados, os rejeitos precisam ser devidamente caracterizados quanto à homogeneidade, permeabilidade, lixiviabilidade, resistência mecânica, resistência à radiação, resistência ao ataque químico, resistência ao ataque microbiano, resistência ao fogo e algumas outras propriedades de interesse nas etapas subsequentes do gerenciamento dos rejeitos, principalmente a disposição final.

Salienta-se que a fase de armazenamento é a estocagem não definitiva dos rejeitos radioativos, já tratados e imobilizados, em local apropriado. Esta etapa permite a inspeção e a manutenção dos embalados⁸ e a reembalagem, quando necessário, para transporte à unidade de disposição final.

A capacidade do local de armazenamento deve ser adequada para a demanda e para o tempo necessário de armazenamento. Este tempo está diretamente relacionado com o estágio de desenvolvimento da construção de um repositório final: quando o repositório já está em fase operacional, o tempo é da ordem de meses; quando o repositório está em fase de construção ou mesmo em

⁸Embalado é o conjunto formado pela embalagem e pelo seu conteúdo de rejeito (CNEN, 2002). *Vide* item “Aspectos Gerais dos Repositórios Geológicos” adiante.

fases iniciais como de projeto ou definição de locais candidatos, pode ser de até décadas (HIROMOTO et al, 1999).

Atualmente empregam-se duas formas de se realizar a disposição final dos rejeitos radioativos: dispersão direta no meio ambiente, ou confinamento em repositórios. A aplicabilidade de cada uma destas opções depende do tipo e atividade dos radionuclídeos presentes no rejeito e também das características ambientais do meio receptor.

Geralmente são dispersos no meio ambiente os rejeitos radioativos de baixo nível, ou de muito baixo nível, sendo que os gasosos diretamente no ar, os líquidos na rede de esgoto ou águas superficiais e os sólidos na coleta de lixo urbana, desde que eles estejam em quantidades seguras para o público em geral e à saúde humana, não devendo ultrapassar aos limites legais.

Confinamento é o isolamento dos rejeitos radioativos por um tempo seguro ao homem, em estruturas projetadas de engenharia, denominadas de repositórios, de modo a retardar e limitar a liberação dos radionuclídeos ao meio ambiente.

Os rejeitos de nível de atividade baixa e média são dispostos, mais frequentemente, em repositórios de superfície ou subsuperfície. Os rejeitos de nível de atividade alta ou média que contém quantidades significativas de emissores α , tipicamente, o combustível irradiado, alguns fluxos provenientes do reprocessamento e certos tipos de fontes seladas, são dispostos em repositórios construídos em formações geológicas profundas (HIROMOTO et al, 1999; ELETRONUCLEAR, 2010).

1.1 – Aspectos Gerais dos Repositórios Geológicos

Repositórios de superfície ou subsuperfície. Os repositórios atuais deste tipo são construídos com multibarreiras de engenharia, que garantem o isolamento adequado da maior parte dos rejeitos durante toda a vida do repositório e são tecnicamente melhores para LLW e ILW (IAEA, 2011a). Segundo HIROMOTO et al (1999) três barreiras formam basicamente um sistema de repositório:

O próprio embalado contendo os rejeitos - tem por objetivo transformar os rejeitos em uma forma sólida monolítica. Em alguns casos, um conjunto de embalados pode ser reembalado e imobilizado com argamassa, concreto ou

cerâmica vítrea, a fim de se obter um único bloco monolítico com menor probabilidade de dispersão. O embalado ou conjunto de embalados consiste na primeira barreira do sistema.

As barreiras de engenharia - constituem-se de um conjunto de estruturas de engenharia, em geral, concreto, onde são dispostos os embalados e objetivam, principalmente, impedir o escape dos radionuclídeos à zona insaturada do solo. Estas barreiras contam com uma cobertura impermeável para impedir a entrada de água de chuva e com um sistema de drenagem para coleta da água que, eventualmente, possa infiltrar no repositório. Além disso, são utilizados materiais de revestimento de fundo e lateral, como argila compactada, objetivando retardar a migração dos radionuclídeos eventualmente lixiviados do embalado.

O local - o meio geológico natural deve ter características favoráveis para retardar a dispersão do material radioativo. Os repositórios de superfície com barreiras de engenharia já são utilizados há décadas em vários países e em fase de estudos para construção no Brasil por meio do projeto RBMN (repositório de baixo e médio nível) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN que será visto adiante (CRCN-CO, 2008).

Durante muitos anos, países como Bélgica, Inglaterra e Holanda utilizaram a imersão a grandes profundidades no mar como alternativa de disposição para LLW e ILW. Esta prática foi suspensa em 1972 até que fossem realizados mais estudos sobre o assunto; não obstante estes estudos terem demonstrado que a prática, para determinados tipos de LLW, é segura para o homem e para o meio ambiente, a disposição no mar é ainda hoje objeto de moratória voluntária internacional (HIROMOTO et al, 1999).

Outras técnicas para a disposição de rejeitos LLW e ILW em repositórios terrestres mais profundos também vêm sendo consideradas por alguns países. É o caso da Alemanha, que tem estudado e utilizado de minas de sal de *Asse* e de ferro de *Konrad*, locais e situações que veremos no capítulo próprio.

Abaixo alguns exemplos de repositórios de superfície em alguns países nas Figuras 01 e 02:



Figura 01. Instalação de disposição de rejeitos de muito baixo nível de radiação em *Morvilliers*, no noroeste da França (IAEA, 2011b).



Figura 02. Instalação de disposição de rejeito *El-Cabril* (administrada pela Empresa Enresa), no município de *Hornachuelos*, província de Córdoba no sul da Espanha (IAEA, 2011b).

Repositórios geológicos profundos. Este tipo de repositório é por consenso técnico proposto para o HLW e é a opção preferencial, e recomendada internacionalmente para o gerenciamento deste tipo de rejeito.

Consiste na utilização de galerias em formações geológicas estáveis a centenas de metros da superfície, usando um sistema de barreiras naturais e artificiais. As barreiras naturais incluem a rocha encaixante do repositório, em formações geológicas cuja composição geoquímica e estrutura hidrogeológica sejam estáveis (IAEA, 2001). Por sua vez as formações geológicas, que por suas características são mais apropriadas para este fim, são as formações argilosas, graníticas e os domos salinos (HIROMOTO et al, 1999; IAEA, 2011a).

O sistema de barreiras inclui, entre outros, a forma de acondicionamento dos rejeitos, o pacote de rejeitos e sua sobre-embalagem, o aterramento, cobertura e

materiais de vedação. Como um sistema integrado as barreiras naturais e artificiais deverão fornecer, ao longo de períodos muito longos, uma contenção adequada e isolamento dos rejeitos e o subsequente retardamento de qualquer liberação de radionuclídeos e de diluição de concentração de radionuclídeos (IAEA, 2001).

Muitos estudos vêm sendo realizados na área de repositórios geológicos profundos e muitos países já têm laboratórios subterrâneos de pesquisa, também conhecidos como *Underground Research Laboratory – URL* - instalados a grandes profundidades a fim de estudar as propriedades dos meios geológicos que irão abrigar estes rejeitos (IAEA, 2001).

Os primeiros *URLs* foram desenvolvidos nos anos sessenta e setenta, a fim de avaliar a adequação de formações salinas como repositório hospedeiro (como em *Lyons* nos EUA e minas de sal em *Asse* na Alemanha). Vários Estados membros da AIEA têm conduzido programas de demonstração experimental nestas instalações por mais de duas décadas. Os resultados obtidos são valiosos, tanto em termos genéricos, ou seja, para desenvolver e avaliar o conceito de disposição e de se ter confiança nele e, em termos específicos, como um meio essencial para a caracterização, concepção e avaliação de sistemas potenciais de repositório (IAEA, 2001).

A disposição geológica profunda tem sido estudada nos *URLs*, onde estão sendo realizados testes mecânicos, térmicos, hidrogeológicos, químicos e de radiação em poços exploratórios *in situ* e em grande escala (IAEA, 2001).

A seguir foto do interior de um *URL* belga:



Figura 03. Foto do interior do *URL* Hades na Bélgica (IAEA, 2011b).

A Tabela 1 mostra alguns dos mais importantes *URLs* do mundo:

Tabela 1 - Mais destacados laboratórios subterrâneos de pesquisa do mundo

País	Nome da Instalação / Região	Geologia	Profundidade	Situação
Bélgica	Instalação Subterrânea de Pesquisa de HADES / <i>Mol</i>	argila plástica	223 m	em operação desde 1980[a]
Canadá	<i>URL Lac Du Bunnet / Pinawa, Manitoba</i>	granito	400 m	operação: desde 1984[a]
Finlândia	ONKALO / Olkiluoto	granito	400 m	Operação desde 1993[a;b]
França	<i>URL de Meuse; Haute-Marne / Bure</i>	argilito	500 m	em operação desde 1999[c]
Japão	<i>URL de Horonobe / Horonobe</i>	arenito	500 m	início planejado para 2010[d]
Japão	<i>URL Mizunami / Mizunami, Gifu</i>	granito	1000 m	início planejado para 2010[d]
Suécia	Laboratório de Rocha Dura de <i>Äspö</i>	granito	450 m	em operação desde 1990[a]
Suíça	Sítio de teste de <i>Grimsel</i>	granito	450 m	em operação desde 1983[a]
Suíça	Laboratório de Rocha de <i>Mont Terri / Mont Terri</i>	folhelho	300 m	em operação desde 1996[e]
EUA	Repositório de Rejeito Nuclear da Montanha de <i>Yucca / Nevada</i>	tufo calcário, ignimbrita	50 m	operação: 1997-2008[a]

Fonte: a- IAEA, 2001; b- POSIVA, 2010; c- ANDRA, 2009; d- JAEA, 2011b; Verlini, 2010; e- MONT-TERRI, 2010 (Adaptado e traduzido pelo autor)

O objetivo da disposição de rejeitos radioativos é o isolamento passivo destes materiais de modo de que não haja exposição às radiações desnecessárias aos seres humanos ou o meio ambiente, atualmente ou no futuro. Este objetivo pode ser alcançado por meio do isolamento do material radioativo em um sistema de repositório que está localizado, projetado, construído, operado e vedado de tal forma que qualquer perigo potencial para a saúde humana é mantido razoavelmente baixo durante o período de tempo requerido (IAEA, 2001).

A disposição profunda em centenas de metros abaixo da superfície em formações geológicas estáveis é reconhecida como uma solução adequada para os rejeitos radioativos resultantes da produção de energia nuclear em usinas, o HLW oriundo de reprocessamento, o elemento combustível irradiado (quando considerado rejeito) e de rejeitos contendo alfa (IAEA, 2001).

Como dito anteriormente os sistemas de repositório profundos invocam o conceito de multibarreiras, sendo que este possui componentes naturais e antrópicos (sistemas de barreiras de engenharia) que são usados para prevenir (isolamento) e postergar (retardamento) a migração de radionuclídeos para o meio ambiente. A terceira função (diluição) pode ocorrer na litosfera e hidrosfera durante a migração de radionuclídeos para o meio ambiente (IAEA, 2001).

Os principais elementos naturais e artificiais de um sistema de repositório são:

- Rocha hospedeira (por exemplo, argila / xisto, granito, sal, tufo);
- Aterramento, cobertura e materiais de vedação (por exemplo, sal moído, cimento, argamassa), que são usados para preencher os vazios na instalação do repositório e vedação do sistema de disposição;
- Materiais de contenção de rejeitos e sua embalagem (como aço inoxidável, cobre, titânio, bário e chumbo);
- Rejeitos da matriz (por exemplo, vidro, betume, cimento) (IAEA, 2001).

Alguns países estão apenas armazenando os rejeitos nucleares provenientes dos reatores das usinas, assim aguardando por uma tecnologia futura a ser desenvolvida para dar um destino final e definitivo aos rejeitos. Outros países apostam na solução do sistema de repositório por este possuir funções seguras como:

O isolamento que é a função primária do sistema de repositório. O bom isolamento é muitas vezes possível com um mínimo fluxo de água subterrânea para o recipiente contendo o rejeito.

O retardamento de radionuclídeos dissolvidos nas águas subterrâneas é a segunda importante função de barreira do repositório. O retardamento é fornecido pelos processos físicos e químicos (por exemplo, a sorção, complexação e precipitação) que ocorrem no repositório e geosfera.

Diluição é o processo de redução da concentração de radionuclídeos no volume de rocha que rondam o repositório, é a terceira mais importante função de barreira. Sua magnitude depende de condições específicas do local.

A disposição de rejeitos radioativos tem sido praticada a partir de meados do século passado. A experiência recolhida resultou no desenvolvimento de conceitos diversos de disposição para todas as categorias de rejeitos, bem como o tipo da construção do repositório. A isenção se dá sobre um destino preciso para a disposição do HLW em um repositório geológico profundo (incluindo o combustível

nuclear), que ainda não está operacional. No entanto, a viabilidade da disposição deste tipo de rejeito tem sido demonstrada em diversos *URLs*.

A seleção do tipo e número de repositórios depende de muitos aspectos: dos rejeitos de cada país, da política e estratégia de gerenciamento de combustível, dos estoques de rejeitos, planos de exploração da energia nuclear e a extensão do programa nuclear nacional. Em princípio, os programas maiores preferem repositórios separados para específicas categorias de rejeitos; pequenos programas precisam de apenas dois repositórios: um para os LLW e ILW e outro para HLW, ou mesmo pode até considerar a codisposição de todas as categorias de resíduos em um repositório geológico profundo (IAEA, 2011b).

O progresso dos repositórios nos aspectos científicos e técnicos da disposição geológica na última década tem sido obtido de maneira relevante. No entanto, a disposição geológica profunda para HLW ainda que não tenha sido realizada por nenhum país, nações como a Suécia e Finlândia serão pioneiras na utilização de repositórios geológicos profundos, sem se considerar o repositório de armamentos estadunidense, que será visto. Programas de disposição geológica são objeto de debate e estão sofrendo atrasos porque alguns setores da sociedade não têm confiança nessa opção de disposição de rejeitos. No capítulo “Suécia”, deste estudo, haverá maiores detalhes sobre o sistema de repositório geológico profundo.

Na Tabela 2, a seguir, estão descritos os repositórios em destaques no mundo.

Tabela 2 – Repositórios geológicos em destaque no mundo

País	Nome da Instalação/ Região	Rejeito	Geologia	Profundidade	Situação
Argentina	—	—	granito	—	sob discussão[a]
Canadá	OPG DGR / <i>Kincardine</i> , Ontário	200.000 m ³ L&ILW	Calcário argiloso	680 m	em licenciamento [b]
Finlândia	VU / <i>Olkiluoto</i>	L&ILW	tonalita	60-100 m	em operação desde 1992 [c]
Finlândia	<i>Loviisa</i>	L&ILW	granito	120 m	em operação desde 1998[c]
Finlândia	<i>ONKALO / Olkiluoto</i>	combustível irradiado	granito	400 m	em construção [d]
França	—	HLW	argilito	~500 m	escolha de local[e]
Alemanha	<i>Gorleben / Baixa Saxônia</i>	HLW	domo de sal	—	proposto[f]
Alemanha	<i>Schacht Konrad / Baixa Saxônia</i>	303.000 m ³ L&ILW	rocha sedimentar	800 m	em construção [g]
Suécia	<i>SFR / Forsmark</i>	63.000 m ³ L&ILW	granito	50 m	em operação desde 1990[h]
Suécia	<i>Forsmark</i>	combustível irradiado	granito	—	local selecionado em 2009[i]
Reino Unido	—	HLW	—	—	sob discussão [j]
EUA	Planta piloto de isolamento de rejeito / Novo México	rejeito transurânico	leito de sal	655 m	em operação desde 1999 [k]
EUA	Projeto Montanha <i>Yucca / Nevada</i>	70.000 ton HLW	ignimbrito	—	em construção, cancelado em 2010 [l]

Fonte: a- Beninson et al, 1986; b- OPG, 2010; c-Aikas e Antilha, 2008; d- POSIVA, 2010; e- ANDRA, 2010; f- BMWI, 2008; KONRAD, 2010; h- IAEA, 2001; i- SKB, 2011; j- Pittman, 2009; k- EESL, 2006 ; l- WNN, 2010.

CAPÍTULO 2

EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO RELACIONADA AOS REPOSITÓRIOS GEOLÓGICOS NOS PAÍSES SELECIONADOS

Como já mencionado, os rejeitos nucleares têm sido gerados desde o tempo de Marie Curie e continuam a ser gerados em todo o planeta a uma taxa crescente que o mundo precisa se preocupar onde estocá-los de modo eficiente (KENDORSKI, 1984).

A indústria nuclear é altamente regulada. As leis e disposições regulatórias muitas vezes são complexas e sobrepostas, envolvendo vários ministérios, departamentos e/ou agências. Em muitos países, estados, províncias, e/ou governos regionais também podem estar envolvidos no processo regulatório.

As normas (técnicas e ambientais) criadas para o setor nuclear visam proteger o meio ambiente, a saúde humana e os seres vivos contra riscos radiológicos, assim a administração estatal deve estabelecer leis e regulamentos que preconizam a concessão de licenças em favor dos entes governamentais (ou não) para a execução de atividades executadas voltadas a este setor.

2.1 - Agência de Energia Nuclear

A Organização para a Cooperação Econômica (OCDE) foi criada ao abrigo de uma convenção assinada em Paris, em 14 de dezembro de 1960, que previu que ela promovesse políticas destinadas a:

- atingir o mais elevado crescimento econômico e emprego e um nível crescente de vida nos países membros, mantendo a estabilidade financeira e, portanto, contribuir para o desenvolvimento da economia mundial;
- contribuir para a expansão econômica dos países membros e não membros no processo de desenvolvimento econômico;
- contribuir para a expansão do comércio mundial numa base multilateral, não discriminatória em conformidade com as obrigações internacionais (NLB, 1975a).

Atualmente, os países que fazem parte da OCDE são Austrália, Áustria, Alemanha, Bélgica, Canadá, Coréia do Sul, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos,

Finlândia, França, Grã-Bretanha, Grécia, Holanda, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, República Tcheca, Suécia, Suíça e Turquia (OCDE, 2010).

Apesar do Brasil não fazer parte da OCDE, o país tem participado de estudos e de alguns comitês atuando na troca de informações econômicas com essa entidade.

Esta breve apresentação da OCDE é devida, pois ela estabeleceu em 20 de abril de 1972 a Agência de Energia Nuclear (AEN), em substituição à Agência de Energia Nuclear Europeia (AENE) que tinha como intuito abranger países europeus apenas (NEA, 2010), sendo que a Agência atual permitiu a entrada de países de fora do continente europeu. Assim o presente estudo enfocou as publicações desta agência e a evolução da legislação nuclear dos países mencionados nesta tese, nações que se dispuseram a tornar públicos seus regulamentos e evolução legislativa (NLB, 1975a; NEA, 2010).

Os objetivos da AEN permaneceram substancialmente os mesmos da AENE, ou seja, o desenvolvimento ordenado dos usos da energia nuclear para fins pacíficos e também:

- avaliar o papel futuro da energia nuclear como uma grande contribuição ao progresso econômico e estimular a cooperação entre os governos rumo a um desenvolvimento melhor das nações;
- estimular a harmonização das políticas legislativas e práticas dos governos no âmbito nuclear, com atenção específica à saúde e segurança, bem como gerenciamento de rejeitos radioativos, responsabilidade nuclear de terceiros e seguro.
- prever os recursos, produção e demanda de urânio;
- operação de serviços comuns e estímulo à cooperação no âmbito da informação sobre a energia nuclear;
- patrocínio para empreendimentos de pesquisas e desenvolvimento juntamente organizados e dirigidos por países da OCDE;

Com estas tarefas, a AEN trabalha em estrita colaboração com a AIEA, com a qual ela tem um acordo de cooperação e também com outras organizações internacionais no campo nuclear (NLB, 1975a; NEA, 2010).

A AEN desde 1968 tem publicado disposições regulatórias legais, acordos, alterações legislativas, estudos de casos jurídicos e demais assuntos voltados à

legislação de vários países do mundo, chamado de Boletim de Direito Nuclear (*Nuclear Law Bulletin*), com o objetivo de publicidade internacional para comparação e uniformização legislativa dos países, situação que obviamente dependerá de circunstâncias específicas de cada nação (NLB, 1968).

O Boletim de Direito Nuclear é uma publicação internacional única para profissionais e acadêmicos no campo do direito nuclear. Ela oferece informações confiáveis e abrangentes sobre a evolução do direito nuclear no mundo. Publicado duas vezes por ano em inglês e francês, ele traz artigos escritos por renomados especialistas jurídicos, abrangendo a evolução legislativa nuclear no mundo e relatórios sobre a jurisprudência pertinente, bem como acordos bilaterais e internacionais e atividades regulatórias das organizações internacionais (NLB, 2010).

2.2 Alijamento de rejeitos nos oceanos

Por centenas de anos, os oceanos têm sido usados como um lugar para se depositar os rejeitos resultantes das atividades humanas.

As noções de que o mar já não servia apenas para fins de comunicação entre os países e que ele devia ser considerado como um vasto reservatório de recursos naturais, devendo ser preservado, foram apontadas como responsabilidades conjuntas de todo o mundo na medida em que no ano de 1926, uma conferência sobre a poluição marinha por petróleo foi realizada em Washington - EUA, sendo que essa ideia de preservação ganhou força e reconhecimento pelo público e pelos governos após meados da década de setenta (NLB, 1974a).

Em 29 de abril de 1958, a Convenção de Genebra sobre o Alto Mar, que tratava do uso comum do mar pelas nações, aprovou uma resolução recomendando que a AIEA estudasse e promovesse a adoção de regulamentos sobre o alijamento de materiais radioativos no mar para evitar assim a poluição. Por iniciativa da AIEA, desta Resolução resultou a criação de um painel de peritos, que em fevereiro de 1960 apresentou o chamado *Brynielsson Report*, em homenagem ao presidente do painel, que formulou critérios técnicos aplicáveis à disposição de rejeitos radioativos no mar. No nível jurídico, um grupo de estudo presidido pelo Professor Charles Rousseau, foi criado sob o patrocínio da AIEA e preparou um relatório em 1963

sobre os aspectos jurídicos do alijamento de rejeitos radioativos no mar. No entanto, não houve seguimento deste relatório em nível diplomático entre os países (NLB, 1973c).

O caso *Torrey Canyon*, em 1967, juntamente com uma série de outros incidentes com petróleo fez a opinião pública mundial perceber a amplitude do fenômeno da poluição marinha, particularmente ocasionada por petróleo, bem como a natureza irreversível dos danos que a poluição poderia trazer para o ambiente marinho. Restou então aos governos mudarem sua atitude tradicional e inerte neste campo e adotar uma política de prevenção ativa contra as diversas causas de poluição para manter o equilíbrio biológico do mar. Esta reação não se limitou apenas ao problema do petróleo, mas também procurou remediar a poluição marinha existente proveniente de fontes diferentes, especialmente materiais radioativos (NLB, 1974a).

Embora o HLW não tenha sido “descartado” no mar, quantidades variáveis de rejeitos embalados de baixo nível radioativo foram depositados em mais de 50 locais na parte norte dos Oceanos Atlântico e Pacífico (CALMET, 1989).

Em 1946, a primeira operação de alijamento de rejeitos no mar aconteceu em um local ao Nordeste do Oceano Pacífico, cerca de 80 quilômetros de distância da costa da Califórnia. A última operação foi em 1982, em um local com cerca de 550 quilômetros da plataforma continental europeia no Oceano Atlântico.

Os materiais lançados incluíam rejeitos de materiais empregados na pesquisa médica e indústria nuclear civil que eram colocados em tambores revestidos de concretos e assim lançados ao mar (CALMET, 1989).

As operações de alijamento foram realizadas sob o controle de autoridades nacionais, ou "Mecanismo Multilateral de Consulta e de Vigilância" dos países membros da AEN/ OCDE. A AEN também criou um Programa de Vigilância e Pesquisa Ambiental Coordenado em 1977 para os locais de alijamento da AEN (CALMET, 1989).

O principal objetivo do alijamento de rejeitos radioativos foi isolá-los do meio ambiente que rodeia o homem por um período de tempo suficientemente longo para que qualquer liberação subsequente de radionuclídeos a partir do local de alijamento não resultasse em riscos radiológicos inaceitáveis, mesmo no longo prazo (CALMET, 1989).

A Figura 04 ilustra os principais locais de alijamento de rejeitos radioativos de baixa atividade coordenados pela AEN.



Figura 04 – Localização dos principais locais de alijamento de LLW (CALMET, 1989).

No entanto, o potencial de dispersão de radionuclídeos nos oceanos, que originalmente era visto como um grande dissipador e diluidor de poluição e que ainda assegurava taxas baixas de concentrações de radioatividades no ambiente marinho, levantou questões sobre os possíveis danos aos recursos naturais do mar. Estas preocupações foram manifestadas principalmente por países que não compartilhavam dos benefícios da energia nuclear. Eles foram expressos em 1958 no artigo 48 da Lei do Mar que recomendou "que os Estados devem tomar medidas para evitar a poluição dos mares a partir da imersão de rejeitos radioativos, tendo em conta as normas e regulamentações que devem ser formuladas pelas organizações internacionais competentes".

Em 1967 foi realizada a operação intitulada "Alijamento de rejeitos radioativos no Oceano Atlântico" pela OCDE - AENE e na qual o Reino Unido, Alemanha, Holanda, Bélgica, França participaram. A responsabilidade por este tipo de dano foi compartilhada entre os países participantes que também dividiram a responsabilidade civil perante terceiros durante o transporte dos rejeitos que foi

coberto por um seguro. Esta operação foi repetida em 1969. Na sequência de trabalhos preparatórios anteriores por parte da AIEA, a Alemanha propôs uma "mínima" Convenção Internacional, que previa a proibição absoluta de alijamento de certos tipos de substâncias altamente radioativas em águas e alijamento de substâncias menos radioativas em profundidades menores de 2.000 metros. Além disto, certos alijamentos ficariam restritos a determinadas zonas marítimas específicas. As zonas proibidas seriam definidas e declaração e registro das operações seriam obrigatórios (FISHERHOF, 1970).

Em junho de 1972, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, um grupo misto de peritos sobre os aspectos científicos da poluição marinha aprovou a recomendação, sugerida pela conferência, em favor da criação de controles sobre a poluição marinha, alijamentos no mar (em especial oriundos da poluição radioativa de navios nucleares), a poluição marinha térmica a partir de estações nucleares em terra, bem como a elaboração adequada de convenções internacionais. Também deve ser salientado que, posteriormente, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou uma resolução destacando a necessidade de medidas internacionais para preservar recursos vivos do ambiente marinho (NLB, 1974a).

Ainda em 1972, de 30 de outubro a 13 de novembro, em resposta à recomendação da Conferência de Estocolmo, uma Conferência Intergovernamental foi convocada em Londres, pelo governo do Reino Unido em cooperação com a secretaria da ONU. Esta Conferência contou com delegados provenientes de 80 Estados, observadores e representantes de outras seis organizações internacionais, incluindo a AIEA. Foi adotada a Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Rejeitos e Outras Matérias, também denominada de Convenção de Londres sobre Alijamento, que foi aberta para assinaturas em Londres, Cidade do México, Moscou e Washington em 29 de dezembro de 1972. A Convenção permaneceu aberta para assinatura até 31 de dezembro de 1973, sendo posteriormente permitida adesão de qualquer Estado (NLB, 1973c).

Sob a Convenção de Londres sobre Alijamento, certas responsabilidades são atribuídas à AIEA em relação aos materiais radioativos. Por exemplo, o HLW ou outros materiais radioativos de alto nível de radiação estão incluídos e proibidos de serem "descartados" no mar. A AIEA ficou referida como sendo o organismo

internacional competente para definir essas substâncias de alto nível para os fins da Convenção (NLB, 1973b).

De 04 a 08 de junho de 1973, para se apurar a responsabilidade da AIEA, o alijamento de materiais radioativos foi considerado por um painel composto por peritos dos 18 Estados membros, que se reuniram em Viena na Áustria. A reunião contou ainda com a presença de observadores de nove países membros e por representantes de sete organizações internacionais, incluindo a AEN. O painel aprovou por unanimidade:

- Um conjunto de projetos de recomendações, que incluiu uma definição de rejeitos e outros tipos de material de nível radioativo impróprio para o alijamento no mar;
- Propostas para avaliações ambientais e ecológicas de requerimentos de alijamento em conformidade com a Convenção de Londres; e
- O controle operacional do alijamento de rejeitos ou substâncias radioativas não proibidas pela Convenção (NLB, 1973b).

O painel destacou em uma nota recomendações baseada em princípios científicos, particularmente em radioecologia marinha, levando em conta os diversos efeitos possíveis de alijamento de rejeitos no mar e que as propostas não deveriam ser entendidas como um estímulo ao alijamento, mas sim que deveria haver a consideração de alternativas e que o homem dependia do mar e da terra devendo proteger ambos (NLB, 1973a).

Com o rápido desenvolvimento da energia nuclear nos anos 70, a questão do tratamento, armazenamento e disposição de rejeitos radioativos foi se tornando cada vez mais importante, especificamente no que diz respeito ao controle das operações de disposição de rejeitos e resíduos radioativos em águas profundas e as operações de disposição de rejeitos líquidos provenientes de instalações nucleares costeiras (NLB, 1973b).

No entanto, viu-se a necessidade de estudos aprofundados sobre os possíveis efeitos das descargas intencionais ou acidentais no mar com produtos radioativos, como no caso de navios transportando este tipo de material, uma vez que vários países realizaram o alijamento de material radioativo no mar e lançamento de partículas radioativas no final da segunda guerra mundial por meio de testes nucleares lançando na atmosfera quantidade considerável de materiais

radioativos que conseqüentemente acabaram descendo para o ambiente marinho (NLB, 1973b).

Em 30 de agosto de 1975, entrou em vigor a Convenção de Londres sobre Alijamento sendo respeitado em escala global. A Convenção definitivamente proibiu o alijamento de qualquer HLW e requisitou que o LLW fosse alijado após a emissão de uma permissão especial e em 1983, por meio de uma resolução, os alijamentos pendentes de análise científicas foram suspensos (CALMET, 1989).

Em 1984, foi cogitada pela Convenção de Londres a disposição de HLW no leito do oceano, mas somente após prova técnica e ambiental devidamente aceitável e o efetivo isolamento de radioatividade do homem e do ambiente marinho por um longo tempo (CALMET, 1989).

Em 1985, após uma pesquisa técnica e científica, foi proposta uma emenda à Convenção, sendo que em uma oitava reunião ficou estabelecido que nenhum fundamento científico ou técnico poderia ser considerado para tratar a opção de alijamento no mar em detrimento de outras opções, quando se aplicam os princípios internacionalmente aceitos de proteção contra a radiação da disposição de rejeitos radioativos. Sendo que nenhum alijamento foi realizado desde 1982 (CALMET, 1989).

CAPÍTULO 3

LEIS E REGULAMENTOS NOS PAÍSES SELECIONADOS

A preocupação do mundo sobre onde armazenar material radioativo ganhou destaque no ano de 1978 em um encontro de comitê técnico realizado em Londres na Inglaterra coordenado pela AIEA.

A AIEA convocou uma reunião com seu comitê técnico sobre regulamentação e aspectos de sistemas de disposição subterrânea de rejeitos radioativos de 25 a 29 de setembro de 1978, em Londres, Reino Unido, para coletar informações sobre as regulamentações em conjunto com diversos países e tratar de abordagens regulatórias, assim discutindo os diversos aspectos e questões envolvidas sobre o assunto. Primordialmente foi definido que sistemas de repositórios incluem o enterro dos rejeitos em profundidades rasas ou não, bem como a disposição dos rejeitos em caverna e formações geológicas continentais (IAEA, 1980).

Este foi um dos primeiros registros legais demonstrando a preocupação em regular a nova ideia de se depositar o HLW em repositórios geológicos profundos.

Representantes de 16 Estados membros realizaram apresentações, conforme solicitado pelo Secretariado da AIEA, descrevendo regulamentações e projetos de leis nacionais relevantes, bem como o papel e as responsabilidades das organizações e agências governamentais envolvidas, licenciamento, inspeção e outros problemas relacionados. Este encontro deu origem a um relatório técnico denominado “Aspectos Regulatórios de Disposição Subterrânea de Rejeito Radioativo” o qual foi publicado pela AIEA (IAEA, 1980).

No decorrer do estudo legislativo de cada país selecionado, serão compiladas as legislações apresentadas neste evento, caso o país tenha participado, bem como marcos regulatórios sobre o assunto e sua evolução até os dias de hoje.

A ideia do BRICS foi formulada pelo economista-chefe da *Goldman Sachs*⁹, Jim O'Neil, em estudo de 2001, intitulado "*Building Better Global Economic BRICs*". Fixou-se como categoria da análise nos meios econômico-financeiros, empresariais, acadêmicos e de comunicação. Em 2006, o conceito deu origem a um agrupamento, incorporado à política externa de Brasil, Rússia, Índia e China. Em 2011, por ocasião da III Cúpula, a África do Sul passou a fazer parte do agrupamento, que adotou a sigla BRICS (GS, 2011; MRE, 2011).

O peso econômico do BRICS é certamente considerável. Entre 2003 e 2007, o crescimento dos quatro países representou 65% da expansão do PIB mundial. Em paridade de poder de compra, o PIB do BRICS já supera hoje o dos EUA ou o da União Europeia. Para dar uma ideia do ritmo de crescimento desses países, em 2003 o BRICS respondia por 9% do PIB mundial, e, em 2009, esse valor aumentou para 14%. Em 2010, o PIB conjunto dos cinco países (incluindo a África do Sul), totalizou US\$ 11 trilhões, ou 18% da economia mundial. Considerando o PIB pela paridade de poder de compra, esse índice é ainda maior: US\$ 19 trilhões, ou 25% (MRE, 2011).

Como agrupamento, o BRICS tem um caráter informal. Não tem um documento constitutivo, não funciona com um secretariado fixo nem tem fundos destinados a financiar qualquer de suas atividades. Em última análise, o que sustenta o mecanismo é a vontade política de seus membros. Ainda assim, o BRICS tem um grau de institucionalização que se vai definindo, à medida que os cinco países intensificam sua interação (MRE, 2011).

3.1 - Brasil: Panorama da legislação e de órgãos responsáveis pelo setor nuclear no país

A Constituição Federal Brasileira, de 1988 é a lei maior do país, sendo que ela preceitua que "compete privativamente à União legislar sobre atividades nucleares de qualquer natureza" (CF, 1988 – art. 22, XXVI), e uma vez estabelecido o monopólio da União para legislar sobre as atividades nucleares, houve a

⁹ O *Goldman Sachs* é um dos maiores bancos de investimento do mundo, foi fundado no ano de 1869 por Marcus Goldman, e está sediado em Nova York. O banco mantém escritórios em diversos centros financeiros mundiais e age como conselheiro financeiro para alguns dos maiores governos, empresas de grande porte e famílias com grandes fortunas (GS, 2011).

necessidade de criação de instituições por meio de leis infraconstitucionais e assim a devida definição de atribuições para o exercício do referido monopólio (BRASIL, 1988a, BARBOSA, 2011).

A lei magna do país do país dispõe também do seguinte (BRASIL, 1988a):

CAPÍTULO II
DA UNIÃO

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;
- b) sob regime de permissão, são autorizadas a comercialização e a utilização de radioisótopos para a pesquisa e usos médicos, agrícolas e industriais
- c) sob regime de permissão, são autorizadas a produção, comercialização e utilização de radioisótopos de meia-vida igual ou inferior a duas horas;
- d) a responsabilidade civil por danos nucleares independe da existência de culpa;

(...)

TÍTULO IV
Da Organização dos Poderes
CAPÍTULO DO PODER LEGISLATIVO
Seção I
DO CONGRESSO NACIONAL

(...)

Seção II
DAS ATRIBUIÇÕES DO CONGRESSO NACIONAL

Art. 49. É da competência exclusiva do Congresso Nacional:

(...)

XIV - aprovar iniciativas do Poder Executivo referentes a atividades nucleares;

(...)

TÍTULO VII
Da Ordem Econômica e Financeira
CAPÍTULO I
DOS PRINCÍPIOS GERAIS DA ATIVIDADE ECONÔMICA

Art. 177. Constituem monopólio da União:

(...)

V - a pesquisa, a lavra, o enriquecimento, o reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios e minerais nucleares e seus derivados, com exceção dos radioisótopos cuja produção, comercialização e utilização poderão ser autorizadas sob regime de permissão, conforme as alíneas b e c do inciso XXIII do caput do art. 21 desta Constituição Federal.

(...)

§ 3º - A lei disporá sobre o transporte e a utilização de materiais radioativos no território nacional.

(...)

CAPÍTULO VI DO MEIO AMBIENTE

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; (Regulamento)

(...)

§ 6º - As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

Na Lei 4.118/62 - alterada pelas leis nº 6.189/74 e nº 6.571/78, que serão vistas adiante, o destaque é para a criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, como autarquia federal, que de acordo com seu artigo 3º, é entidade subordinada ao Ministério de Ciência e Tecnologia, na atualidade (BRASIL, 1962; 1974; 1978).

Já a Lei nº 6.189/74 - modificada pela Lei nº 7.781/89 - estabeleceu, em seu artigo 1º, que a União exercerá o monopólio sobre as atividades nucleares por meio da CNEN, como órgão superior de orientação, planejamento, supervisão, fiscalização e de pesquisa científica, e por meio das Empresas Nucleares Brasileiras S/A. - Nuclebrás e de suas subsidiárias, como órgãos de execução - Lei 6.189 de 16 de dezembro de 1974 (BRASIL, 1974; 1989).

A Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN) foi criada pela Lei nº 5.740/71, estatal, cuja atribuição, num plano geral, foi desenvolver atividades de negociações, nacionais ou internacionais, referentes ao ciclo do combustível nuclear, que abrange desde a mineração do minério de urânio, a produção do concentrado, a transformação para o estado gasoso, o enriquecimento, a reconversão para o estado sólido e a produção e o reprocessamento do combustível nuclear, bem como dar apoio técnico à CNEN (BRASIL, 1971).

A Lei 6.189/74, por meio de seu artigo 18, determinou que a CBTN fosse denominada Empresas Nucleares Brasileiras S.A – Nuclebrás, diretamente vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME (BRASIL, 1974).

Essa mesma Lei estabeleceu também que a Nuclebrás poderá, mediante autorização do Presidente da República, exportar, no mais alto grau de beneficiamento possível, os excedentes de minérios nucleares, de seus concentrados ou de compostos químicos de elementos nucleares, comprovada a existência dos estoques para a execução do Programa Nacional de Energia Nuclear (BRASIL, 1974).

Já o Decreto-Lei nº 2.464/88 alterou a denominação da Empresas Nucleares Brasileiras S.A. – Nuclebrás para Indústrias Nucleares do Brasil S.A. – INB e determinou a transferência da totalidade das ações de propriedade da União representativas do capital da INB para a CNEN (BRASIL, 1988b).

Outro órgão importante relacionado às atividades nucleares é a Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. – NUCLEP, subsidiária da INB, cuja criação foi autorizada pelo Decreto nº 76.805/75. Seu objeto é projetar, desenvolver, fabricar e comercializar componentes pesados relativos a usinas nucleares e a outros projetos correlacionados (NUCLEP, 2011).

Em relação à geração de eletricidade, o artigo 10 da Lei nº 6.189/74 estabelece que “a autorização para a construção e operação de usinas núcleo-elétricas será dada, exclusivamente, às Centrais Elétricas Brasileiras S/A. – Eletrobrás - e as concessionárias de serviços de energia elétrica, mediante ato do poder executivo, previamente ouvidos os órgãos competentes” (BRASIL, 1974).

A empresa responsável pela geração de eletricidade a partir da energia nuclear é a Eletrobrás Termonuclear S.A. – Eletronuclear, companhia de economia mista, subsidiária da Eletrobrás. A Eletronuclear é resultado da fusão — autorizada pelo Decreto sem número de 23 de maio de 1997 — da área nuclear de Furnas Centrais Elétricas S.A., responsável pela operação das Usinas Angra I e II, no estado do Rio de Janeiro, com a Nuclen - Engenharia e Serviços S.A. (anteriormente uma empresa de projetos de engenharia para a área nuclear, subsidiária da NB). A Eletronuclear, cuja denominação foi estabelecida pelo Decreto sem número de 23 de dezembro de 1997, tem como principal objetivo a construção e operação de usinas nucleares e a geração, transmissão e comercialização da energia elétrica por elas

produzida, conforme dispõe o Decreto nº 4.899, de 26 de novembro de 2003 (BRASIL 1997; 2003).

3.1.1 - Marcos regulatórios e legislativos do Brasil sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.

Segundo Barbosa (2011), a regulação nuclear no Brasil aconteceu à medida que a tecnologia nuclear era introduzida, com as áreas de radioproteção e seguridade sendo implantadas em tempos diversos.

Pela lei 1.310, de 15 de janeiro de 1951, que criou o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), foi dado um passo importante para a organização e controle do setor nuclear ao se prever que "ficarão sob o controle do Estado, por intermédio do Conselho Nacional de Pesquisa ou, quando necessário, do Estado-Maior das Forças Armadas, ou de outro órgão que for designado pelo Presidente da República todas as atividades referentes ao aproveitamento da energia atômica, sem prejuízo da liberdade de pesquisa científica e tecnológica". Outras competências do CNPq eram "incentivar a pesquisa e prospecção das reservas existentes no País de materiais apropriados ao aproveitamento da energia atômica" e adotar medidas que se fizerem necessárias à investigação e industrialização da energia atômica, bem como suas aplicações. Para colocar em execução a política de energia nuclear, o CNPq criou, em janeiro de 1955, a Comissão de Energia Atômica (NLB, 1970; BRASIL, 1951).

O CNPq passou a concentrar todos seus esforços nas atividades referentes ao aproveitamento da energia atômica até 31 de agosto de 1956 quando, por meio do Decreto 39.872 foi criado o Instituto de Energia Atômica, atual Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) "nos moldes do convênio firmado entre o Conselho Nacional de Pesquisas e a Universidade de São Paulo, em 11-1-1956" - conforme artigo 1º- e, logo a seguir, em 10 de outubro de 1956, pelo Decreto 40-110 foi criada a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) subordinada diretamente à Presidência da República, como órgão de política atômica em todos os aspectos (BRASIL, 1956a; 1956b).

Em 27 de agosto de 1962, foi aprovada a Lei 4.118/62 estabelecendo a Política Nacional de Energia Nuclear e reorganização da CNEN, a qual foi elevada à

condição de autarquia federal subordinada à Presidência da República e assumindo direitos e obrigações do CNPq, mas dentro da jurisdição do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 1962).

Em 19 de fevereiro de 1963, foi aprovado o decreto 51.726 que regulamentou a execução da Lei 4.118/62. Interessante destacar que no tocante aos rejeitos radioativos de minérios os artigos a seguir dispõem:

Art. 48. Atendendo ao progresso da ciência, da tecnologia ou aos altos interesses nacionais, a CNEN fixará através de resoluções;

(...)

c) quais os minérios que possuindo elementos nucleares em coexistência, mas não constituindo monopólio da União, ficam sujeitos à devolução do rejeito radioativo;

d) quais os teores em urânio e tório, abaixo dos quais, os minérios possuindo estes elementos em coexistência, não ficam sujeitos à devolução do rejeito radioativo;

(...)

Art. 49. O rejeito radioativo existente nos minérios relacionados de acordo com o que determina a letra c do artigo 48 do presente regulamento será devolvido à CNEN, segundo uma das seguintes condições, a critério destas:

a) quando for econômica ou tecnicamente separável no País;

b) quando as operações de concentração ou químico-metalúrgicas não tenham tornado impraticável a recuperação dos elementos nucleares;

c) quando houver possibilidades da CNEN utilizá-lo para obtenção de elementos nucleares.

Parágrafo único. O rejeito radioativo de que trata o presente artigo deverá:

a) ter a sua separação feita e operada pró conta do interessado seguindo método previamente aprovado e colocado à disposição da CNEN, sem nenhum ônus para este Órgão;

b) incluir a juízo da CNEN, os elementos radioativos das três séries naturais, além do urânio e do tório.

Art. 50. Quando não fôr possível aplicar o que determina o artigo anterior, por determinação expressa da CNEN, a devolução far-se-á sob a forma de compostos químicos adquiridos no mercado internacional.

§ 1º Êsses compostos químicos deverão satisfazer as seguintes condições:

a) serem de composição e grau de pureza técnica previamente aprovados pela CNEN;

b) conterem os elementos nucleares em sua composição isotópica natural;

c) conterem uma quantidade de materiais físseis ou férteis igual à existente no material sujeito às condições de devolução;

d) terem procedência aprovada pela CNEN;

e) serem importados por conta do interessado e em nome da CNEN.

§ 2º Os elementos radioativos das três séries naturais poderão ser dispensados da devolução, a critério da CNEN.

Art. 51. Os minerais e minérios mencionados nos artigos 56 e 64 e o rejeito radioativo de que trata o artigo 66 do presente regulamento, extraídos pelo titular de pesquisa ou lavra, ficam sob a custódia do mesmo e não poderão ser removidos para fora do local da extração, sem prévia licença da comissão Nacional de Energia Nuclear.

(...)

Art. 65. Ao tomar a CNEN conhecimento da existência de elementos nucleares verificará "in loco" a ocorrência assinalada, quando julgar conveniente.

(...)

b) a separar e a entrega a CNEN, nos casos em que ela o exigir, o rejeito radioativo, de acordo com o disposto no artigo 49 do presente regulamento;

Art. 66. Quando a CNEN considerar a jazida como sendo de minérios enquadrados na letra c do artigo 48 do presente regulamento, ficará o concessionário sujeito:

a) à fiscalização da CNEN, além daquela prevista no Dec. Lei número 1.985 de 20-1-1940 (Código de Minas);

b) a separar e a entrega a CNEN, nos casos em que ela o exigir, o rejeito radioativo, de acordo com o disposto no artigo 49 do presente regulamento;

c) a cumprir o determinado na Seção III do Capítulo III do Título VI do presente regulamento;

§ 1º Por autorização expressa da CNEN, a concessão da lavra poderá ser mantida independentemente da necessidade da separação do rejeito radioativo mencionado neste artigo, desde que o concessionário cumpra o que determina o artigo 50 do presente regulamento.

§ 2º Com o objetivo de atender aos interesses do País, face ao desenvolvimento da indústria da energia nuclear, poderá a CNEN obrigar ao concessionário a lhe entregar outros compostos químicos de elementos físséis ou férteis de maior interesse, de valor igual ao do rejeito radioativo, que deveria ser devolvido.

§ 3º A não observância do disposto neste artigo implica na revogação da concessão de lavra declarada por decreto, não cabendo qualquer indenização ao concessionário.

(...)

Art. 72. No caso da exportação de minerais ou minérios a que estejam associados elementos nucleares (letra c do Art. 48 do presente regulamento), fica o exportador obrigado antes de apresentar as faturas de exportação ao DNPM, a submetê-las à consideração da CNEN, que as aprovará se for o caso.

§ 1º Se não tiver sido devolvido o rejeito radioativo quando da lavra, ficará o exportador sujeito ao determinado no artigo 66 do presente regulamento.

A Lei 5.740, de 1º de dezembro de 1971, autoriza a CNEN a criar, vinculada ao Ministério das Minas e Energia, a CBTN, uma sociedade de economia mista, regida pela lei das sociedades anônimas e financiada pelo Governo, para se ocupar das atividades relacionadas com o ciclo do combustível, incluindo a prospecção e exploração de depósitos de minérios radioativos e a construção de plantas para o processamento de minérios radioativos. Os objetivos finais da CBTN eram: realizar pesquisa mineral (por meio de convênio com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM-, mediante contratos de serviços) e a lavra de minérios nucleares e associados; promover o desenvolvimento de tecnologia nuclear

mediante a realização de pesquisa, estudos e projetos referentes a tratamento de minérios nucleares e associados; construir e operar instalações de tratamento de minérios, enriquecimento de urânio e reprocessamento de combustível nuclear irradiado; e manter um Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CTDN (BRASIL, 1971).

Pelo Decreto 70.855, de 21 de julho de 1972, foi feita nova reorganização do corpo competente no campo da pesquisa nuclear teórica e aplicada. O Laboratório de Dosimetria, hoje o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) e o Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), ligados à CNEN e o Instituto de Pesquisas Radioativas, ligado à Universidade Federal de Minas Gerais, passaram a ser controlados pela CBTN, constituindo o Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), conforme previsto na Lei 5.740/71 (BRASIL, 1971; 1972).

Em 19 de setembro de 1973, foi publicada a resolução n.º 6 da CNEN que dispôs sobre normas básicas de proteção radiológica que trataram sobre a disposição de rejeitos, além da produção, processamento, manuseio, uso e transporte de fontes naturais e artificiais de materiais radioativos, levando em conta os trabalhadores, indivíduos do público e populações em geral (NLB, 1979a).

Esta resolução não considerou a radiação proveniente de doses administradas com propósito médico e resultante de radiação natural. A lei dispôs sobre um conjunto de definições dos conceitos utilizados na proteção contra a radiação e também cobriu as doses limites de irradiação controlada e fixou o máximo de doses permitidas aos trabalhadores (para diferentes órgãos do corpo humano), indivíduos do público (para diferentes órgãos do corpo humano) e populações em geral (dose genética) (NLB, 1979a).

Embora o beneficiamento de minério de urânio produza rejeitos com um conteúdo de baixa radioatividade, quando comparado com o resíduo gerado de outros estágios do ciclo do combustível, o volume produzido é muito grande.

Esta norma foi revogada e substituída pela norma CNEN-NE-3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção - Resolução nº 12/1988 em 01 de agosto de 1988 (CNEN, 2006).

Na edição do NLB de 1979, o Brasil tornou público ao mundo e para o meio legal nuclear a definição das atribuições da CNEN pela lei n.º 6189 de 16 de dezembro de 1974 que alterou a lei n. 4118 de 27 de agosto de 1962, estabelecendo o monopólio deste órgão para prospectar, explorar e comercializar minérios

nucleares, bem como poderes sobre produção, uso, planejamento, controle, legislação, pesquisas científicas sobre materiais e combustíveis nucleares e ainda receber e depositar rejeitos radioativos, bem como tratar e “eliminar” tais rejeitos, como será visto a seguir (BRASIL, 1974; NLB, 1979a).

Por esta lei:

(...)

Art. 2º Compete à CNEN (Redação deste artigo dada pela Lei nº 7.781, de 1989):

VI - receber e depositar rejeitos radioativos;

(...)

IX - expedir normas, licenças e autorizações relativas a:

a) instalações nucleares;

b) posse, uso, armazenamento e transporte de material nuclear;

(...)

X - expedir regulamentos e normas de segurança e proteção relativas: (...)

d) ao tratamento e à eliminação de rejeitos radioativos; (...)

XIII - especificar

d) as instalações que devam ser consideradas nucleares;

(...)

Art. 7º. A construção e a operação de instalações nucleares ficarão sujeitas à licença, à autorização e à fiscalização da CNEN, na forma e condições estabelecidas nesta Lei e seu Regulamento.

Esta lei 6.189/74, de 16 de dezembro de 1974, alterou ainda a Lei 4.118, de 27 de agosto de 1962 e a Lei 5.170, de 1º de dezembro de 1971, e criou as empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima (NUCLEBRÁS), sucedendo a CBTN (BRASIL, 1974).

Em 7 de abril de 1975, por meio do Decreto 75.569, foi estabelecida a estrutura básica da CNEN para cumprimento de suas finalidades, que passou a contar com uma Comissão Deliberativa e departamentos responsáveis por suas diferentes atividades, salienta-se neste decreto a reiteração de atribuição da CNEN para com os rejeitos e atribuição do Departamento de Instalações e Materiais Nucleares (BRASIL, 1975):

(...)

Art. 8º. À Comissão Nacional de Energia Nuclear compete:

(...)

IV - Expedir regulamentos e normas de segurança e proteção relativas:

a) ao uso de instalações e de materiais nucleares;

- b) ao transporte de materiais nucleares;
 - c) ao manuseio de materiais nucleares;
 - d) ao tratamento e a eliminação de rejeitos radioativos;
 - e) à construção e à operação de estabelecimentos destinados a produzir materiais nucleares e a utilizar energia nuclear.
- (...)

Art. 21. Ao Departamento de Instalações e Materiais Nucleares compete:

I - Habilitar, controlar, registrar e fiscalizar as pessoas físicas e jurídicas no que se refere a qualquer atividade relacionada com radioisótopos, radiações ionizantes, elementos nucleares, materiais férteis e físséis.

II - Registrar e fiscalizar instalações nucleares, sobre o aspecto de proteção ao público, trabalhadores e meio-ambiente.

III - Propor, em sua área de atividade, o licenciamento de pessoas físicas e jurídicas e de instalações nucleares.

IV - Armazenar, aplicando salvaguardas aos estoques nacionais de elementos nucleares e materiais férteis e físséis especiais, e os elementos combustíveis.

V - Receber e depositar rejeitos radioativos.

VI - Providenciar as medidas cabíveis no caso de inadimplemento de obrigações.

O Departamento de Instalações e Materiais Nucleares teve pouca expressão, sendo atualmente conhecido como DIN que tem tratado de serviços de radiografia industrial (CNEN, 1989a).

Em 1977, o Brasil publicou por meio do NLB, a lei n.º 6.453 de 17 de outubro de 1977 sobre a responsabilidade civil por dano nuclear e responsabilidade criminal para os atos relacionados às atividades nucleares. Em suma, a lei define alguns termos como “produtos ou rejeitos radioativos”, “material nuclear” e “instalação nuclear”, nesta última considerando o local onde o material nuclear possa ser armazenado, que pode ser rejeito (BRASIL, 1977; NLB, 1977c).

Por esta lei em seu artigo 1º, foi definido:

I - "operador", a pessoa jurídica devidamente autorizada para operar instalação nuclear;

II - "combustível nuclear", o material capaz de produzir energia, mediante processo autossustentado de fissão nuclear;

III - "produtos ou rejeitos radioativos", 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;

IV - "material nuclear", o combustível nuclear e os produtos ou rejeitos radioativos;

(...)

VI - "instalação nuclear":

(...)

c) o local de armazenamento de materiais nucleares, exceto aquele ocasionalmente usado durante seu transporte;

E no artigo 2º da mesma lei:

Art. 2º. Várias instalações nucleares situadas no mesmo local e que tenham um único operador poderão ser consideradas, pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, como uma só instalação nuclear.

A lei também estabeleceu definições sobre reator nuclear, radiação ionizante, indenizações e penas restritivas de liberdades aos causadores de danos nucleares.

Em 10 de março de 1978, o Brasil e a República Federal da Alemanha estabeleceram um acordo de troca de informações técnicas e cooperação na segurança de instalações nucleares.

Este acordo foi feito nos moldes dos acordos de 9 de junho de 1969 sobre desenvolvimento tecnológico e pesquisa científica e o de 27 de junho de 1975 sobre cooperação no âmbito do uso pacífico da energia nuclear (NLB, 1979a).

Em 17 de dezembro de 1985, o Brasil publicou a resolução 19/85 denominada CNEN-NE-6.05 "Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas" que continha disposições técnicas para o gerenciamento e controle de rejeitos radioativos e a classificação destes de acordo com o nível de radiação (CNEN, 1985; NLB, 1986b).

Em 1988, o Programa Nuclear Brasileiro sofreu profunda reformulação. Pelo Decreto-Lei 2.464, de 31 de agosto de 1988, a NUCLEBRÁS foi extinta e substituída pelas Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB), controlada pela CNEN. Esta nova empresa, passou a se ocupar exclusivamente das atividades abrangidas pelo ciclo do combustível nuclear, sendo que o CDTN foi transferido para a CNEN (BRASIL, 1988b).

Em 5 de outubro de 1988, foi promulgada a Constituição Federal de 1988, com referências ao campo nuclear sempre com seu controle voltado ao Governo Federal (NLB, 1989a).

O projeto de lei n.º 294 de 1989 do Senado tratou sobre os repositórios de rejeitos radioativos e a seleção de locais, construção e operação de repositórios de

rejeitos radioativos, determinando procedimentos de licença e custos. O decreto indicou o operador do repositório como o absoluto e exclusivo responsável por qualquer dano ocasionado, devendo reservar fundos para o caso de indenização (NLB, 1989c).

Em 28 de dezembro de 1989, a CNEN por meio da resolução 14/89, emitiu a norma experimental NE- 6.06, sobre a “seleção e escolha de locais para depósitos de rejeitos radioativos”, publicada em 24 de janeiro de 1990. A resolução fixou os critérios e os estudos para seleção de locais que serão adequados como repositórios de rejeitos, com o objetivo de garantir o confinamento seguro dos rejeitos para a proteção do homem e do meio ambiente. A norma aplica-se para a escolha do local para armazenamento temporário e final dos rejeitos (CNEN, 1990; NLB, 1990a).

Interessante destacar que a norma trouxe diversas definições em seu preâmbulo, como:

Deposição - colocação de rejeitos radioativos em locais aprovados pelas autoridades competentes, sem a intenção de removê-los.

Depósito de rejeitos radioativos (ou simplesmente depósito) - instalação designada para armazenamento ou deposição de rejeitos radioativos.

Depósito final - depósito destinado a receber, em observância aos critérios estabelecidos pela CNEN, os rejeitos radioativos provenientes de armazenamentos iniciais, depósitos intermediários, e depósitos provisórios. É também designado repositório.

Depósito intermediário - depósito destinado a receber e, eventualmente, acondicionar rejeitos radioativos, objetivando a sua futura reutilização, ou remoção para depósito final, em observância aos critérios de aceitação e outras normas estabelecidas pela CNEN.

Depósito provisório - depósito destinado a receber rejeitos radioativos provenientes de áreas atingidas por acidentes com materiais radioativos até sua transferência, em condições máximas de segurança, para outro depósito.

Rejeito radioativo (ou simplesmente rejeito) - qualquer material resultante de atividades humanas, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção de acordo com Norma da CNEN, e para o qual a reutilização é imprópria ou ainda não prevista.

Rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação a) rejeitos radioativos com vida curta, ou seja, com atividades que decaiam a níveis aceitáveis em tempo menor ou igual a 300 anos, (i) que contenham, predominantemente, emissores beta e gama e quantidade insignificante de emissores alfa, (ii) que apresentem baixa e/ou média radiotoxicidade e (iii) cujas taxas de geração de calor sejam baixas ou insignificantes.

b) Rejeitos radioativos com vida curta, ou seja, com atividades que decaiam a níveis aceitáveis em tempo menor que 300 anos, (i) que contenham, predominantemente, emissores alfa e quantidades insignificantes de emissores beta e gama, (ii) que apresentem baixa e/ou média radiotoxicidade e (iii) cujas taxas de geração de calor sejam baixas ou insignificantes

Repositório - o mesmo que depósito final.

Esta norma dá preferência às terras públicas como locais candidatos aos repositórios bem como trata apenas de repositórios de subsuperfície, impondo requisitos mínimos, para o local, tais como: permitir o confinamento dos rejeitos em longo prazo; proteção do homem, seus bens e meio ambiente contra liberações de material radioativo e/ou radiação; não possuir riquezas naturais conhecidas sujeitas à exploração; ser bem drenado e não estar sujeito a inundações e não estar situado em área onde ocorrem processos tectônicos passíveis de causar rupturas no terreno.

Importante se faz destacar alguns itens da norma sobre o local candidato a ser um repositório como a capacidade de retenção dos radionuclídeos nos rejeitos, a hidrogeologia do local, fatores ecológicos, fatores socioeconômicos, fatores geológicos e fatores fisiográficos.

Salienta-se que as informações relativas aos levantamentos e análises procedidos nos termos desta norma devem estar disponíveis para o público circunvizinho ao local, e constantes do estudo de impacto ambiental e de análise de segurança no relatório do local.

Já para a geologia do local candidato, devem ser feitos estudos: sobre a disponibilidade, localização e movimento das águas superficiais e subterrâneas; propriedades dos solos; tectônicos e outros processos passíveis de causar rupturas no terreno; mineralógicos e químicos.

A norma requisita ainda a análise da geologia estrutural e tectônica, geomorfologia, hidrogeologia e hidrologia, pedologia, sismologia e litologia do local.

Elementos fisiográficos devem ser considerados, com os devidos estudos: a hidrografia, levantamento a nível regional e local, características das águas de superfície; condições meteorológicas e climatológicas, por meio da interpretação dos registros históricos e previsionais.

O Estudo de Impacto Ambiental (E.I.A.) para o cumprimento de requisitos quanto à informação sobre a localização do repositório, dispersão de material por meio do ar e do meio hídrico, a repercussão sobre a vegetação e a fauna e o potencial de impacto no meio ambiente deve ser apresentado à CNEN.

Pelo decreto n.º 99.274 de 06 de junho de 1990 que regulamentou a lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispuseram, respectivamente, sobre a criação de estações ecológicas e áreas de proteção ambiental e sobre a política nacional do meio ambiente, foi tratada sobre a responsabilidade daquela política com relação ao licenciamento e fiscalização de diversas atividades que utilizam recursos naturais. Neste entendimento, ficou confirmado que a CNEN é a autoridade licenciadora para instalações nucleares, mas mesmo assim deve obter parecer do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e de autoridades federais e municipais sobre o controle ambiental (BRASIL, 1990; NLB, 1989c).

Em 29 de julho de 1999, foi editada a Medida Provisória 1.911-8 alterando a Lei 9.649 de 27 de maio de 1998 sobre a organização da Presidência da República. Esta medida provisória prevê a estrutura e poder do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), os quais são responsáveis pela energia nuclear e pela política nuclear, respectivamente. O MME é responsável por atividades de geração de eletricidade de todas as fontes, incluindo a nuclear. O MCT é responsável por definir e avaliar programas de natureza estratégica e os poderes no campo de usos pacíficos de energia nuclear (BRASIL, 1999).

Como consequência da medida, foi editado, em 9 de agosto de 1999, o Decreto 3.131 transferindo a CNEN para a égide do MCT. Ela continua a ter em sua competência estatutária, principalmente o planejamento político, acompanhamento e controle da energia nuclear (NLB, 1999a).

Em 20 de outubro de 2001, foi aprovada a Lei 10.308 que dispõe sobre a seleção de local, licenciamento, operação, fiscalização, indenização, responsabilidade civil, garantias e custos de depósitos de rejeitos radioativos.

De acordo com o artigo 2º dessa Lei, a União, por meio da CNEN, é a responsável pelo destino final dos rejeitos radioativos produzidos em território nacional (BRASIL, 2001; NLB, 2002).

Ainda em conformidade com esta norma, artigos 9º e 13, cabe à CNEN projetar, construir administrar e operar os depósitos finais e intermediários, podendo delegar essas atribuições a terceiros. O artigo 15 dispõe que é também da Comissão a responsabilidade pela remoção de rejeitos dos depósitos intermediários para os finais (BRASIL, 2001; NLB, 2002).

Ressalta-se que cabe também à CNEN definir as normas, licenciar e fiscalizar todos os tipos de depósitos de rejeitos radioativos, de acordo com os artigos 4º e 11.

A Lei 10.308/2001, em seu artigo 18, também prevê que os custos dos depósitos intermediários e finais serão pagos à CNEN pelo depositante, isto é, aquele que gera os rejeitos. Cabe ainda destacar que o artigo 35 da referida Lei determina que os órgãos responsáveis pela sua fiscalização enviem anualmente ao Congresso Nacional relatório sobre a situação dos depósitos de rejeitos radioativos (BRASIL, 2001; NLB, 2002; NLB, 2003).

Reitera-se que a CNEN é a autoridade competente pela concessão de licenças para tais repositórios, em particular em relação ao uso, transporte e armazenamento de rejeitos radioativos, segurança e proteção radiológica da dessas instalações. Tais atividades devem ser realizadas de acordo com critérios, procedimentos e padrões estabelecidos pela própria CNEN (BRASIL, 2001; NLB, 2002).

Nos termos da lei 10.308/2001, é permitida a construção e operação de repositório de rejeitos radioativos divididos em três categorias: "inicial", "intermediário" e "final". Em caso de acidente radiológico ou nuclear, a construção de repositórios temporários, excepcionalmente, deve ser permitida.

A responsabilidade, inclusive responsabilidade financeira, em relação à localização, concepção, construção, instalação, gestão, operação e proteção da manutenção física de repositórios iniciais, é dos produtores de rejeitos radioativos, enquanto que para as outras categorias de repositório, a CNEN é a responsável (BRASIL, 2001; NLB, 2002).

Durante a transferência de resíduos radioativos de repositórios iniciais para o intermediário ou final, o titular da licença deve transferir à CNEN direitos sobre os rejeitos (BRASIL, 2001; NLB, 2002).

O titular da licença e a CNEN são responsáveis, dentro de suas respectivas áreas de competência, por danos às pessoas, bens ou meio ambiente danos estes resultantes da liberação de emissões radioativas relacionados às atividades do repositório sobre o qual eles detêm o controle. A segurança financeira como o estabelecido no artigo 13¹⁰ da Lei n.º 6.453 de 17 de outubro de 1977 deve, portanto, ser obtida para cobrir tais danos (BRASIL, 2001; NLB, 2002).

Cabe registrar alguns artigos específicos da lei como a compensação financeira de municípios que abriguem os rejeitos:

Art. 34. Os Municípios que abriguem depósitos de rejeitos radioativos, sejam iniciais, intermediários ou finais, receberão mensalmente compensação financeira.

§ 1º A compensação prevista no *caput* deste artigo não poderá ser inferior a 10% (dez por cento) dos custos pagos à CNEN pelos depositantes de rejeitos nucleares.

§ 2º Caberá à CNEN receber e transferir aos Municípios mensalmente os valores previstos neste artigo, devidos pelo titular da autorização para operação da instalação geradora de rejeitos.

§ 3º Nos depósitos iniciais e intermediários, onde não haja pagamentos previstos no § 1º deste artigo, o titular da autorização da operação da instalação geradora de rejeitos pagará diretamente a compensação ao Município, em valores estipulados pela CNEN, levando em consideração valores compatíveis com a atividade da geradora e os parâmetros estabelecidos no § 1º do art. 18 desta Lei.

Em 23 de setembro de 2002, a CNEN publicou a resolução 12/2002 denominada CNEN-NN 6.09 “Critérios de Aceitação para Deposição de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação” classificando os repositórios de rejeitos como inicial, intermediário e final. O objetivo desta Norma é estabelecer critérios para aceitação de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação para a deposição segura em repositório, a fim de assegurar a proteção dos trabalhadores, da população e do meio ambiente contra os efeitos nocivos das radiações ionizantes (CNEN, 2002; NLB 2003).

¹⁰ **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.

§ 1º - A natureza da garantia e a fixação de seu valor serão determinadas, em cada caso, pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, no ato da licença de construção ou da autorização para a operação.

§ 2º - Ocorrendo alteração na instalação, poderão ser modificados a natureza e o valor da garantia.

§ 3º - Para a determinação da natureza e do valor da garantia, levar-se-ão em conta o tipo, a capacidade, a finalidade, a localização de cada instalação, bem como os demais fatores previsíveis.

§ 4º - O não cumprimento, por parte do operador, da obrigação prevista neste artigo acarretará a cassação da autorização.

§ 5º - A Comissão Nacional de Energia Nuclear poderá dispensar o operador, da obrigação a que se refere o *caput* deste artigo, em razão dos reduzidos riscos decorrentes de determinados materiais ou instalações nucleares (BRASIL, 1977).

Esta norma 6.09 estabelece algumas definições, com algumas alterações da n.º 6.06 vista anteriormente, que merecem destaque, tais como:

Armazenamento - confinamento de rejeitos radioativos por um período definido.

Armazenamento Inicial - armazenamento temporário de rejeitos radioativos no espaço físico da instalação que os tenha gerado.

Acondicionamento – colocação de rejeitos radioativos em embalagem própria, visando cumprir os requisitos de segurança estabelecidos nesta Norma e minimizar os custos das etapas de gerenciamento posteriores.

Armazenamento Inicial - armazenamento temporário de rejeitos radioativos no espaço físico da instalação que os tenha gerado.

Depósito Intermediário – instalação licenciada pelas autoridades competentes e destinada a receber e, eventualmente, tratar e/ou acondicionar rejeitos radioativos até seu descarte ou remoção para o Repositório.

Depósito Provisório - instalação destinada a abrigar rejeitos radioativos provenientes de áreas atingidas por acidentes com materiais radioativos até sua transferência, para outro depósito, observando-se os requisitos de segurança estabelecidos pela CNEN.

Embalado - o conjunto formado pela embalagem e pelo seu conteúdo de rejeito.

Embalagem - recipiente fechado, com ou sem revestimento interno, que tem a finalidade de permitir o transporte e o armazenamento do produto e, se necessário, servir de barreira de engenharia com o objetivo de blindar a radiação e/ou reter radionuclídeos.

Estabilidade Estrutural - capacidade do produto ou do embalado de manter sua integridade física ao longo do tempo, isto é, suportar processos físicos e/ou químicos que possam resultar em sua decomposição e/ou degradação, ocasionando deformações, que levem a acomodações indesejadas dos materiais adjacentes e/ou sobrejacentes.

Gerência de Rejeitos Radioativos (GRR) – Conjunto de atividades administrativas e técnicas envolvidas na coleta, segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento, transporte, armazenamento, controle e deposição de rejeitos radioativos.

Rejeito Radioativo (ou simplesmente Rejeito) - qualquer material resultante de atividades humanas, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na Norma CNEN-NE-6.02, e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista.

Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação - rejeitos contendo predominantemente, radionuclídeos emissores Beta e Gama com meia-vida da ordem de 30 anos, com quantidades de emissores Alfa iguais ou inferiores a $3,7 \times 10^3$ Bq/g, e cujas taxas de calor não ultrapassem a 2kW/m³

Repositório ou Depósito Final – instalação licenciada pelas autoridades competente se destinada à deposição dos rejeitos, em observância aos critérios estabelecidos pela CNEN, os rejeitos radioativos provenientes de armazenamentos iniciais, depósitos intermediários e depósitos provisórios.

Tratamento de Rejeitos - qualquer operação ou procedimento que modifique as características originais dos rejeitos, visando aumentar a segurança e minimizar os custos das etapas posteriores de sua gerência.

A norma trouxe algumas especificidades técnicas como a espessura de embalagens de concreto e requisitos de fabricação de embalagens metálicas para o acondicionamento adequado dos rejeitos.

Em 2 de julho de 2008 foi criado o Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro (CDPNB), pelo decreto sem número do Presidente da República, estabelecendo como meta que o depósito final de rejeitos radioativos de baixa e média atividades (repositório nacional) entre em operação em 2018 e que o depósito intermediário de longa duração para combustível irradiado, em 2026. Essas metas são compatíveis com as condicionantes do processo de licenciamento ambiental da Usina Angra 3. Note-se que a responsabilidade legal pela implantação de depósitos intermediários e finais de rejeitos radioativos é da CNEN, tendo o operador da instalação geradora de rejeitos a responsabilidade limitada aos depósitos iniciais. A partir da entrada em operação do repositório nacional, os rejeitos armazenados nos depósitos iniciais da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA: instalação nuclear formada pelo conjunto das usinas nucleares Angra 1, Angra 2 e Angra 3 na cidade de Angra dos Reis no estado do Rio de Janeiro) serão paulatinamente transferidos para esse repositório, abrindo espaços, no local, para armazenamento inicial após aquela data (BRASIL, 2008; ELETRONUCLEAR, 2010).

3.1.2 - Legislações estaduais

No Brasil, a competência estabelecida pelo artigo 21, inciso XXIII da Constituição da República Federativa do Brasil dá à União um amplo campo de atuação em matéria de energia nuclear. Já o artigo 23 da Constituição de 1988, que trata da competência comum entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, dispõe, em seu inciso VI, que aos referidos entes políticos compete: “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” (BRASIL, 1988a).

O artigo 24 determina que: “Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre: (...) VI — florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição”. Ademais, o inciso VIII do mesmo artigo constitucional determina que aos

mesmos entes políticos “cabem a competência legislativa concorrente em matéria relativa a danos ao meio ambiente” (BRASIL, 1988a).

Por derradeiro, registre-se que os quatro parágrafos do artigo 24 determinam que, em se tratando de legislação concorrente, a competência da “União limita-se a estabelecer normas gerais”. Ocorre que a competência da União para legislar sobre as normas gerais não exclui a competência suplementar dos Estados. Na inexistência de lei federal que disponha sobre as normas gerais, os Estados exercerão a competência legislativa plena, para atender às suas peculiaridades regionais. Na hipótese de superveniência de lei federal disciplinadora daquilo que deve ser entendido como norma geral em cada uma das hipóteses definidas constitucionalmente, suspender-se-á a eficácia da lei estadual, que implique violação das normas gerais estabelecidas pelo Poder Legislativo da Federação (ANTUNES, 2000).

Os Estados membros dispuseram em suas Constituições Estaduais artigos específicos sobre a energia nuclear, conforme se demonstrará a seguir.

A Constituição do Estado do Acre em seu artigo 206, VIII, dispõe que compete ao Poder Público: “proibir a utilização do solo, subsolo e mananciais hídricos para fins de disposição de lixo atômico ou similar, no espaço territorial do Estado” (ACRE, 1989).

O Estado de Alagoas, por força do artigo 221 de sua Constituição, proibiu a instalação em seu território de usinas nucleares e depósitos de resíduos atômicos (ALAGOAS, 1989).

A Constituição do Estado do Amazonas estabeleceu diversas normas referentes à energia nuclear e a produtos radioativos de maneira geral. Assim é que os parágrafos 2º, 3º e 4º do artigo 233 determinam:

§ 2º É vedada a utilização do território estadual como depósito de rejeitos radioativos, lixo atômico (...) salvo situação gerada dentro de seus próprios limites, casos obrigatoriamente a serem submetidos ao Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia:

§ 3º Fica proibida a introdução, dentro dos limites do Estado, de substâncias cancerígenas, mutagênicas e teratogênicas;

§ 4º A entrada de produtos explosivos e radioativos dependerá de autorização expressa do órgão executor da Política Estadual do Meio Ambiente.

Já no § 8º do mesmo artigo foi determinado que: “A Zona Franca de Manaus, entendida a área territorial por ela delimitada, é declarada Zona Desnuclearizada”. O § 1º do artigo 235 da Lei Fundamental do Amazonas determina que:

§ 1º. A implantação, no território estadual, de usinas de energia nuclear, instalação de processamento e armazenamento de material radioativo e implantação de unidades de grande porte, geradoras de energia hidrelétrica, respeitadas as reservas estabelecidas em lei e áreas indígenas, de acordo com o disposto no art. 231, da Constituição da República, além da observância das normas e exigências legais e constitucionais, estarão sujeitas ao que estabelece o art. 234, desta Constituição, ao parecer conclusivo do Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia e, na hipótese de indicação favorável, aprovação por dois terços dos membros da Assembleia Legislativa, após consulta plebiscitária aos habitantes da área onde se pretende implantar o projeto (AMAZONAS, 1989).

No estado da Bahia a constituição estadual vigente determina que em seu artigo 226 que “são vedados, no território do Estado (...) III - a instalação de usinas nucleares; IV- o depósito de resíduos nucleares ou radioativos gerados fora dele” (BAHIA, 1989).

O Estado do Ceará, em sua Constituição, no artigo 259, inciso XIX, dispõe sobre “embargar a instalação de reatores nucleares, com exceção daqueles destinados exclusivamente à pesquisa científica e ao uso terapêutico, cuja localização e especificação serão definidas em lei”, e controlados pelo poder público (CEARÁ, 1989).

Em Goiás, a Constituição do Estado declara em seu artigo 131:

§ 1º - Os resíduos radioativos, as embalagens de produtos tóxicos, o lixo hospitalar e os demais rejeitos perigosos deverão ter destino definido em lei, respeitados os critérios científicos.

§ 2º - Fica proibida a instalação de usinas nucleares, bem como a produção, armazenamento e transporte de armas nucleares de qualquer tipo no território goiano.

§ 3º - Ficam proibidas a produção, transporte, comercialização, estocagem e a introdução no meio ambiente de substâncias carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas, devendo o Poder Executivo divulgar periodicamente a relação dessas substâncias proibidas (GOIÁS, 1989).

No Estado do Mato Grosso a Constituição prevê a consulta popular:

Art. 266 - A licença ambiental para instalação de equipamentos nucleares somente será outorgada mediante consulta popular.

Parágrafo único - Os equipamentos nucleares destinados às atividades de pesquisa ou terapêuticas terão seus critérios de instalação e funcionamento definidos em lei (MATO GROSSO, 1989).

No Estado do Pará a Constituição diz:

Art. 257. É vedada a construção, o armazenamento e o transporte de armas nucleares no Estado do Pará, bem como a utilização de seu território para o depósito de lixo ou rejeito atômico ou para experimentação nuclear com finalidade bélica.

Parágrafo único. A lei preverá os casos e locais em que poderá ser depositado o lixo ou rejeito atômico produzido em território paraense e resultante de atividades não bélicas (PARÁ, 1989).

Na Paraíba, pelo artigo 232, “é vedado instalar usinas nucleares e depositar lixo atômico não produzido no Estado” (PARAÍBA, 1989).

No Paraná, pelo artigo 209, deve ser “observada à legislação federal pertinente, a construção de centrais termoelétricas e hidrelétricas dependerá de projeto técnico de impacto ambiental e aprovação da Assembleia Legislativa; a de centrais termonucleares, desse projeto, dessa aprovação e de consulta plebiscitária” (PARANÁ, 1989).

Em Pernambuco:

Art. 216 - Fica proibida a instalação de usinas nucleares no território do Estado de Pernambuco enquanto não se esgotar toda a capacidade de produzir energia hidrelétrica e oriunda de outras fontes (PERNAMBUCO, 1989).

Pelo artigo, 241, o Piauí “não aceitará depósito de resíduos nucleares produzidos em outras unidades da Federação” (PIAUÍ, 1989).

No Estado do Rio de Janeiro, o único do país a possuir usinas nucleares com a finalidade de geração de energia elétrica, a Constituição do Estado, por seu artigo 261, determina que:

“a implantação e a operação de instalações que utilizem ou manipulem materiais radioativos, estarão sujeitas ao estabelecimento e à implementação de plano de evacuação da população das áreas de risco e a permanente monitoragem (SIC) de seus efeitos sobre o meio ambiente e a saúde da população.

Parágrafo único - As disposições deste artigo não se aplicam à utilização de radioisótopos previstos no artigo 21, XXIII, "b"11, da Constituição da República” (RIO DE JANEIRO, 1989).

No Rio Grande do Norte, pelo artigo 153, “lei estadual, observada a limitação imposta por lei federal, disporá sobre o depósito temporário ou permanente de resíduos de material atômico de qualquer origem no território do Estado” (RIO GRANDE DO NORTE, 1989).

A Constituição do Estado do Rio Grande do Sul determina, em seu artigo 256, que: “a implantação no Estado de instalações industriais para a produção de energia nuclear dependerá de consulta plebiscitária, bem como do atendimento às condições ambientais e urbanísticas exigidas na lei estadual”.

¹¹ “sob regime de permissão, são autorizadas a comercialização e a utilização de radioisótopos para a pesquisa e usos médicos, agrícolas e industriais” (BRASIL, 1988a).

Interessante salientar que o artigo 257 que declarava: “É vedado em todo o território estadual, o transporte e o depósito ou qualquer outra forma de disposição de resíduos que tenham sua origem na utilização de energia nuclear e de resíduos tóxicos ou radioativos, quando provenientes de outros estados ou países”, foi derrubado por uma ação direta de inconstitucionalidade de número 330-5, publicada em 30 de abril de 1993 (RIO GRANDE DO SUL, 1989).

Em Rondônia, por força do artigo 232 de sua Constituição, está “vedado o depósito de todo e qualquer resíduo ou lixo atômico, ou similar” (RONDÔNIA, 1989).

Em Santa Catarina, o pretérito artigo 185 dizia que “a implantação de instalações industriais para produção de energia nuclear, no Estado, dependerá, além do atendimento às condições ambientais e urbanísticas exigidas em lei, de autorização prévia da Assembleia Legislativa, ratificada por plebiscito realizado pela população eleitoral catarinense” (SANTA CATARINA, 1989). Acontece que este dispositivo foi revogado pela emenda constitucional n.º 38 de 10 de dezembro de 2004, derrubado pela ação direta de inconstitucionalidade 329-1.

Os Estados do Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Sergipe e Tocantins não possuem, em suas constituições sobre o meio ambiente, disposições especiais sobre matéria nuclear.

O universo legislativo é muito amplo e de complexa configuração jurídica. Quanto às legislações municipais torna-se impossível apresentá-las ante o grande número de municípios existentes no Brasil.

Deve-se ressaltar que se os Estados e/ou Municípios que por suas leis contrariarem as normas da Constituição Federal, o Supremo Tribunal Federal, que é a corte mais alta estabelecida no país, derrubará as legislações contrárias, tornando-as sem efeito após o devido trâmite legal.

3.1.3 - Situação atual dos repositório/depositos de rejeitos

Atualmente compete ao gerador dos rejeitos à Eletronuclear, (no caso da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAAA), o armazenamento inicial desse material até a sua transferência para a CNEN. Para os rejeitos nucleares da CNAAA, o armazenamento inicial, intermediário e final está sendo equacionada pela CNEN em parceria com a Eletronuclear (ELETRONUCLEAR, 2010).

Anote-se que a lei 10.308 estabeleceu que o “poluidor” é responsável pelos custos da disposição final dos rejeitos por ele gerados. A CNEN será indenizada pela Eletronuclear para prestar esse serviço de armazenamento final.

Segundo informações oficiais da Eletronuclear (2010), estudos sobre as condições geológicas favoráveis à localização dos depósitos/repositórios de média e baixa atividade estão em realização pela CNEN. Para os rejeitos de alta atividade, que estão contidos nos elementos combustíveis irradiados nos reatores das usinas nucleares, está sendo concebida pela CNEN, em colaboração com a Eletronuclear, uma sistemática de encapsulamento, transporte e armazenamento do material em um depósito intermediário de Longa Duração. Essa concepção, que possibilita o armazenamento com opção de recuperação posterior do combustível, permite esperar responsabilmente a melhor solução técnica e econômica para o destino final dos rejeitos de alta atividade, ou a decisão de reciclagem do combustível irradiado para a geração de energia elétrica.

No Brasil, a expectativa para a concepção de um repositório nacional de LLW e ILW, é de que em 2014 a construção se inicie, para entrar em operação em 2018. Para um depósito intermediário de longa duração (500 anos) para combustíveis irradiados, os planos serão:

- 2009-10: Definição do conceito do depósito.
- 2014: Planta de Demonstração.
- 2015: Revisão do Projeto conceitual
- 2016-2017: Seleção de local
- 2019-2021: Início da construção
- 2026: Início da operação (ABEN, 2009; ELETRONUCLEAR, 2010).

A Eletronuclear, em consonância com a CNEN, está planejando construir uma instalação piloto de armazenamento intermediário de longa duração de elementos combustíveis usados, para demonstrar que essa solução é tecnicamente adequada e fundamentada nos princípios de segurança. Segundo a Eletronuclear (2010) o projeto terá total transparência para a comunidade científica e o público em geral.

Para a realização das duas iniciativas, que deverá demandar investimentos de R\$ 50 milhões, em pesquisa e desenvolvimento, está prevista a criação de uma nova empresa, vinculada à Cnen. Provisoriamente denominada Empresa Brasileira

de Gerenciamento de Rejeitos, a instituição se responsabilizaria pelo recolhimento, gerência e guarda do material (ABEN, 2009).

Mister destacar que o HLW, como o combustível irradiado do reator de Angra 1 e 2, é armazenado numa piscina que está localizada no edifício do reator na própria usina. Em julho de 2009, a massa total dos elementos combustíveis de Angra 1 foi de 267.150 kg e de Angra 2, 178.760 kg (sem considerar materiais estruturais como tubos-guia, bocais, etc). O LLW e o ILW estão sendo armazenados nos depósitos iniciais no Centro de Gerenciamento de Rejeitos (CGR), localizado no próprio sítio dos reatores da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto em Angra dos Reis, sul do estado do Rio de Janeiro, que possui ainda quatro depósitos iniciais de rejeitos de baixa e média atividade (Depósitos 1, 2A, 2B e 3), licenciados pelo IBAMA e pela CNEN. O esgotamento da capacidade de armazenamento do CGR se dará em 2020, quando, segundo planejamento da CNEN e da Eletronuclear, o depósito definitivo de rejeitos radioativos já estará implantado. Para os elementos combustíveis usados (rejeitos de alta atividade) a capacidade das piscinas existentes é até 2021 (ELETRONUCLEAR, 2010).

3.1.4 - O Projeto RBMN

O projeto do repositório para armazenamento de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, denominado projeto RBMN, já está em fase de desenvolvimento no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN, em Belo Horizonte, por um grupo de pesquisadores, técnicos e engenheiros, sendo que alguns deles trabalharam no projeto conceitual e na construção do repositório de Abadia de Goiás, no município de mesmo nome na região central do estado de Goiás, na década de 1990. Decorre desta experiência que muitas fases da construção do repositório nacional de rejeitos radioativos aproveitarão a experiência adquirida no repositório de Abadia de Goiás. No projeto RBMN, em que o CDTN atuará na coordenação técnica, os estudos da seleção do local usarão a experiência adquirida com o acidente radiológico de Goiânia¹², podendo escolher critérios semelhantes àqueles usados quando

¹² Também conhecido como acidente com o Césio-137, foi um grave episódio de contaminação por radioatividade ocorrido no Brasil que teve início em 13 de setembro de 1987, quando um aparelho utilizado em radioterapias das instalações de um hospital abandonado foi encontrado, na zona central de Goiânia, no estado de

ocorreu a seleção do local do repositório goiano, como por exemplo, o critério da proximidade de centros geradores de rejeitos, que foi o caso do repositório de Abadia de Goiás cujo processo de seleção de local foi iniciado em 1988 e seguiu a metodologia recomendada na Norma CNEN-NE6.06 e aplicação de conceitos de barreiras múltiplas para confinamento de rejeitos, em todas as faixas (baixa, média e alta) de atividade (CRCN-CO, 2006).

Destaca-se que alguns rejeitos radioativos provenientes da produção de fármacos, de atividades de mineração, industriais e de pesquisa têm sido armazenados em órgãos como o IEN, IPEN e CTDN.

Nas Figuras 05 e 06 constam imagens do repositório de Abadia de Goiás e exemplo de um modelo de repositório a ser idealizado pelo projeto RBMN.



Figura 05. Foto aérea do repositório de rejeito do acidente de Goiânia em Goiás - círculo (TOMAZ, 2011).

Goiás. O instrumento, deixado no hospital, foi encontrado por catadores de um ferro velho do local, que entenderam tratar-se de sucata. Foi desmontado e repassado para terceiros, gerando um rastro de contaminação, o qual afetou seriamente a saúde de centenas de pessoas. (FCF, 2002).

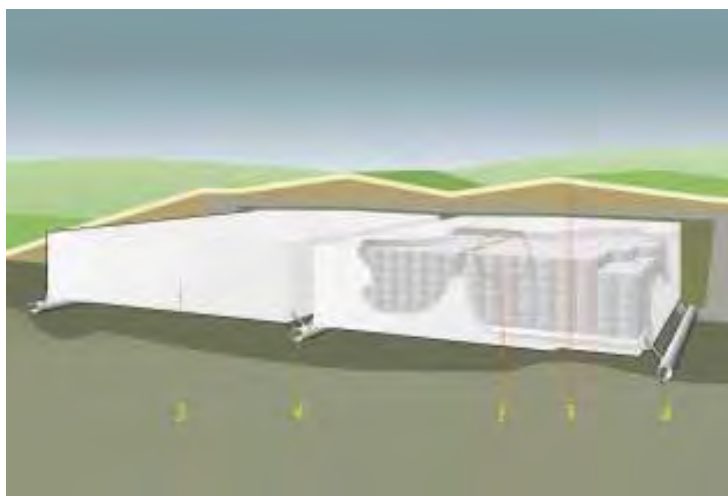


Figura 06. Imagem do exemplo de um modelo de repositório a ser idealizado pelo projeto RBMN. 1. Quatro tambores contendo rejeitos são colocados em uma caixa de concreto e uma espécie de cimento é colocada entres os tambores assim um bloco monolítico é formado como uma primeira barreira entre o rejeito e o meio ambiente; 2. A segunda barreira é um módulo de concreto que tem sua laje selada quando cheio dos blocos monolíticos; 3. Uma terceira camada é feita de materiais naturais ou artificiais e a grama na superfície constitui uma aparência natural; e 4. O repositório possui galerias de monitoramento com possibilidade de intervenção se necessário (NIROND, 2011).

3.2. - Federação da Rússia (FR)

A primeira usina nuclear da FR, e a primeira no mundo a produzir eletricidade, foi a de *Obninsk* (cidade ao oeste do país no *oblast* - divisão administrativa - de *Kaluga*), com potência de 5 megawatts em 1954. Em seguida, no ano de 1963 e 1964, foi iniciada a utilização de outras duas usinas. De 1971 a 1973, o primeiro dos modelos atuais de reatores foi comissionado, sendo que em meados de 1980 a FR já possuía 25 reatores em operação. Mas a indústria nuclear seria atormentada em comissionamentos de novos reatores resultantes do acidente de *Chernobyl* em 26 de abril de 1986 no norte da Ucrânia (WNA, 2010g).

Entre o acidente de *Chernobyl* de 1986 e meados de 1990, apenas uma estação de energia nuclear foi comissionada na FR, a da cidade de *Balakovo* – no *oblast* de *Saratov* com quatro unidades de reatores, sendo a unidade 3 adicionada à estação da cidade de *Smolensk* – no *oblast* de *Smolensk* - , ambas no oeste do país. Reformas econômicas após o colapso da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas - URSS - significaram uma aguda escassez de fundos para

desenvolvimento nuclear, e uma série de projetos foram paralisados. Mas no final dos anos 1990 as exportações de reatores ao Irã, China e Índia foram negociadas e o programa nuclear russo foi revivido na medida em que fundos entravam no país (WNA, 2011b).

O país tem planos para começar a concepção e operação de um repositório geológico entre 2015 e 2035 (WNA, 2010g).

3.2.1 - Regulamentação da FR apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978

Segundo Pimenov *et al* (1980), o programa da AIEA sobre o armazenamento subterrâneo de resíduos radioativos em formações geológicas, que foi aprovado na reunião do grupo consultivo em fevereiro de 1978, teria despertado grande interesse e recebeu o apoio de mais de 20 Estados Membros da Agência, incluindo a União Soviética. O programa previu a elaboração de códigos de boas práticas e diretrizes relativas à diferentes etapas de construção dos repositórios geológicos, sua localização e encerramento bem como a fiscalização em longo prazo. Isto envolve uma série de alternativas de destinação que já estão em uso em muitos países, ou estão sendo desenvolvidas, tais como:

- Instalação de armazenamento de rejeitos sólidos em depósitos de superfície, a baixa profundidade;
- Disposição de HLW em formações geológicas profundas como, por exemplo, depósitos salinos, de argilas, xistos, granitos, etc.
- Disposição de LLW e ILW sólidos em minas abandonadas;
- Injeção de rejeitos líquidos misturados com cimento em estratos impermeáveis por meio do fraturamento hidráulico¹³.

A implementação destes conceitos requer uma série de especialistas de diversas áreas do conhecimento e, além disso, os problemas de organização operacional devem ser previstos à maioria das alternativas de disposição subterrânea. Esses problemas incluem investigações em relação a justificar a forma de segurança e disposição, avaliações de licenciamento e autorização de

¹³ Técnica que envolve a injeção de um fluido a uma pressão elevada em uma formação geológica com o intuito de criar fissuras e aberturas aumentando assim a sua permeabilidade .

procedimentos do método escolhido, preparação e aprovação do projeto, construção, operação e vedação do futuro repositório (PIMENOV et al, 1980).

Na década de 70, a União Soviética realizou um trabalho para melhorar a legislação que estabelece as disposições gerais relativas a procedimentos para a utilização e conservação de formações subterrâneas e a água, para a proteção da saúde da população e outros fatores. Diversas normas sobre a proteção da água, superfície e a interação destes com a radiação tem estado em vigor no território soviético (PIMENOV et al, 1980).

Na União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, a propriedade do Estado sobre a subsuperfície formava o embasamento das relações públicas aplicáveis à utilização e conservação de recursos do subsolo e possibilita a forma planejada e racional do uso do subsolo. As disposições fundamentais da legislação da URSS aplicáveis à subsuperfície mencionavam várias maneiras em que ela poderia ser usada. A legislação afirmava que a subsuperfície poderia ser utilizada para "(...) a construção e operação de instalações subterrâneas não tendo relação com a mineração de minerais, incluindo instalações para o armazenamento de derivadas de petróleo, gás e outros materiais e disposição de substâncias nocivas, rejeitos industriais e efluentes" (PIMENOV et al, 1980).

PIMENOV et al (1980), ainda esclareceu ao comitê da AIEA, naquela época, que a antiga URSS prepararia um esboço legislativo para incluir todas as etapas do trabalho para a justificação, construção e operação de repositórios subterrâneos. A lei teria como foco: a escolha do local; a preparação de estudos preliminares; a elaboração de justificativas técnicas e econômicas; a obtenção de autorizações e licenças para armazenamento subterrâneo; a preparação do projeto do repositório e seus detalhes como a construção, a operação, o fechamento e a organização da fiscalização por um longo prazo.

3.2.2 - Marcos regulatórios e legislativos da FR sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos.

Os dados sobre a legislação russa no campo nuclear ficaram disponíveis para publicação a partir de meados de 1980, sendo que a partir desta época até 1990, o país começou a assinar tratados internacionais de notificação de acidente nuclear,

trocas de tecnologias, disposição sobre gerenciamento de rejeitos com outros países (NLB, 1987a; 1987b, 1989c; 1991a).

Somente em 1996 foi publicado no NLB um resumo da legislação nuclear da FR, bem como a intenção de modernização da indústria nuclear civil. Mas para isto o país necessitava ajustar suas políticas militares e técnico-científicas com relação ao desenvolvimento e produção de armas nucleares, incluindo medidas de segurança. O país deveria também estabelecer metas para reduzir e reciclar armamentos nucleares e buscar solução para a disposição de seus rejeitos (NLB, 1996b).

Em 12 de maio de 1991, o Presidente da URSS, *Mikhail Gorbachev* assinou a Lei sobre proteção social de cidadãos que sofreram danos do acidente de Chernobyl. A lei continha tópicos sobre zonas contaminadas e a descontaminação bem como indenizações, fornecimento de medicamentos, exames e pagamentos de pensões por invalidez e compensação financeira aos cidadãos atingidos pelo acidente (NLB, 1991b).

Em novembro de 1991 foi emitida uma Declaração de Orientação sobre Regulações Nacionais aplicáveis à Segurança Radiológica e Nuclear no Território da URSS. Foram criados itens sobre o desmantelamento das estruturas administrativas da URSS, a reorganização do governo da FR e a extensão de sua jurisdição. Também foram tratadas as fontes e processos tecnológicos que utilizavam materiais nucleares, a energia atômica, fontes radioativas no território, e a reorganização e alteração de estatutos das autoridades de supervisão nacional. (NLB, 1992a).

A partir desta declaração foi criado, em 31 de dezembro de 1991, o *Federal Inspectorate for Nuclear and Radiation Safety – Gosatomnadzor* - (Comitê de Fiscalização para a Segurança contra a Radiação e Nuclear) que, na função de órgão regulatório, teve como responsabilidade a preparação e melhoria da legislação nacional sobre a produção e uso da energia, materiais nucleares e substâncias radioativas e o campo nuclear em geral. Este órgão ainda teve o poder de decidir sobre o uso pacífico ou militar da energia nuclear, e também de definir princípios, critérios e padrões de segurança, estabelecendo o sistema de licenciamento e inspeção de atividades nucleares (NLB, 1992a).

Na FR, as responsabilidades do campo nuclear estavam divididas entre o Ministério da FR para a Energia Atômica (MinAtom – criado em 29 de janeiro de 1992) que foi responsável pelo programa nacional de energia nuclear e o *Gosatomnadzor*, sendo que até 1993 não havia especificamente uma lei que

regulasse as atividades nucleares no país, somente um projeto de lei sobre o uso da energia atômica e outro sobre uma política de governo acerca do gerenciamento de rejeitos radioativos, bem como textos esparsos sobre exportação, importação, usinas nucleares e substâncias radioativas (NLB, 1994a).

Em 21 de novembro de 1995, o então Presidente da FR, *Boris Yeltsin*, sancionou a Lei sobre Uso de Atividades Nucleares na FR, dando assim um ordenamento jurídico definitivo no campo nuclear. Tal lei estabeleceu princípios sobre o uso da energia nuclear tanto para fins pacíficos quanto para a defesa do país. Importante notar que o objetivo da lei foi criar uma estrutura legal na qual o Estado pudesse controlar e regular os direitos e deveres de cidadãos, departamentos de governo e empresas (NLB, 1996b).

Até 1995 uma lei sobre o gerenciamento de rejeitos radioativos não havia ainda sido assinado pelo presidente, apesar de um projeto existente, e tal norma deveria ser separada da Lei sobre o uso da energia nuclear, pois, dispositivos suplementares na área de proteção ambiental e saúde humana datados de 03 de março de 1992 deveriam ser considerados na disposição de rejeitos. Tais regras proibiriam a disposição de rejeitos ou materiais radioativos no assoalho oceânico e no espaço sideral e ainda, pelo novo Código de águas de 1995, ficou proibida a disposição de rejeitos radioativos em bacias hidrográficas (NLB, 1996b).

Na FR a lei sobre o uso de energia nuclear distinguiu órgãos federais que exerciam o controle sobre o uso da energia nuclear de órgãos do sistema de regulação estatal de segurança. Cabe mencionar que o principal órgão regulador do uso da energia nuclear foi o *MinAtom* que executava pesquisas técnicas, científicas e políticas organizacionais. Ele desenvolveu ainda dispositivos legais e regulamentos sobre o uso da energia nuclear, sendo responsável pelo controle de materiais nucleares e substâncias radioativas e por planejar e implementar programas de gerenciamento de rejeitos (NLB, 1996b).

Na FR, a empresa estatal *Rosatom Nuclear Energy State Corporation* *Rosatom* assumiu a indústria nuclear da FR em 2007, sucedendo a Agência Federal de Energia Atômica (também conhecida como *Rosatom* criada em 09 de março de 2004) foi formada a partir do Ministério da Energia Atômica (*MinAtom*) criado em 29 de janeiro de 1992 substituindo o Ministério de Engenharia Nuclear e Indústria da URSS (WNA, 2010g).

Em 6 de fevereiro de 2007, o presidente do país assinou um projeto de Lei Federal sobre a Gestão e Alienação de Imóveis e das Ações de Organizações do Setor Operacional de Energia Nuclear do País. O projeto de lei foi aprovado pela *Duma* (câmara baixa do Parlamento) em 19 de janeiro de 2007 e aprovado pelo Conselho Federal (Câmara Alta), em 24 de janeiro de 2007 (NLB, 2007c).

A lei, após aprovada, legalizou a posse de materiais nucleares e instalações por outras entidades do Estado, e previu a criação de uma sociedade anônima estatal para todas as empresas envolvidas no setor nuclear civil, denominada *Atomenergoprom* (ou *Atomprom*). Esta sociedade teria várias filiais, cada um das quais responsável por parte da indústria nuclear nacional. A lei não fez menção sobre a indústria nuclear militar. A *Atomprom* deveria controlar todo o ciclo nuclear, desde a extração de urânio até a geração de eletricidade, supervisionar a construção da central nuclear na FR e também o desenvolvimento da engenharia nuclear em instituições científicas (NLB, 2007c).

Atualmente, a *Atomprom* é denominada *JSC Atomenergoprom (Joint Stock Company Atomic Energy Power Corporation)* “Sociedade Anônima de Energia Atômica” ou simplesmente AEP e, em suma, foi estabelecida para consolidar os ativos da parte civil da indústria nuclear russa que tem uma história de mais de 60 anos. Ela absorveu a experiência acumulada em tecnologias do ciclo do combustível nuclear e construção de centrais nucleares. Ela é uma empresa em processo de organização, que visa reunir mais de 80 empresas do setor civil da indústria nuclear russa. A *Atomenergoprom* oferece o ciclo de produção completa da engenharia de energia nuclear - desde a produção de urânio até a construção de usinas nucleares e geração de energia. A *JSC Atomenergoprom* é controlada pela *Rosatom* (ATOMENERGOPROM, 2011).

A subsidiária da *Rosatom* para a gestão de rejeitos radioativos é a *RosRAO* que iniciou suas atividades em 2009 sob um regime temporário até a finalização da regulamentação da lei de gerenciamento de rejeitos radioativos (ROSATOM, 2010; WNA, 2010g).

De acordo com a "Lei do Uso de Energia Atômica" russa (de 21 de novembro de 1995) os rejeitos radioativos são materiais nucleares e substâncias radioativas sem possibilidade de uso futuro (ROSRAO, 2011).

Nos termos da lei eles são provenientes:

- da operação e desativação do ciclo do combustível nuclear (mineração e processamento de minérios radioativos, fabricação de elementos combustíveis, a produção de energia nuclear e o reprocessamento do combustível nuclear);
- da implementação de programas militares para o desenvolvimento de armas nucleares, de instalações de defesa e de territórios contaminados, como resultado de atividades de empresas na produção de materiais nucleares;
- da operação e desmantelamento de navios de guerra e navios civis e usinas de energia nuclear;
- da produção de isótopos utilizados no âmbito da saúde, da química, das indústrias da pesquisa científica e dos serviços de segurança (como alfândegas, etc.);
- da mineração de minérios não radioativos (principalmente petróleo e gás).

Importante destacar que de acordo com a legislação russa os rejeitos radioativos não incluem o combustível nuclear irradiado e este não é da competência da *RosRAO*, mas da *Rosatom*.

Dentre suas atividades, a *RosRAO* deve prover o gerenciamento do rejeito radioativo, como o recolhimento e triagem; o acondicionamento; o armazenamento; o transporte e o seu enterramento no meio geológico.

3.2.3 - Situação atual dos repositórios na FR.

Nenhum repositório de rejeitos está disponível no país, apesar de que a escolha do local deve recair na formação granítica da península de *Kola* (no extremo norte da Rússia Europeia, junto à fronteira com a Finlândia, fazendo parte do *Oblast* de *Murmansk*), onde nos anos 70 foram realizadas perfurações de cerca de 15 km para a prospecção de petróleo (WNA, 2010g).

Em 2003 uma região da cidade de *Krasnokamensk*, a 7000 km a leste de Moscou, perto da fronteira chinesa, foi sugerida como o local para um repositório principal de combustível irradiado, pois, lá há a maior mina de minério de urânio do país (ROBINSON, 1996; WNA, 2010g).

Em 2008, o maciço granitoide de *Nizhnekansky* na região de *Krasnoyarsk* (capital e a maior cidade do território russo do mesmo nome, localizado no oeste da Sibéria, no centro sul do país e um dos locais secretos da URSS para a produção de

material bélico na década de 50) foi apresentado como um local para um repositório geológico profundo.

A *Rosatom* relatou que os planos para a construção de instalações de um repositório seriam entregues até 2015 para o início do projeto e a criação de um *URL*. A decisão sobre a efetiva construção é aguardada para 2025, e o repositório então será concluído em 2035. Na primeira fase, o repositório deverá receber cerca de 20 mil toneladas de ILW e HLW, devendo ser recuperáveis (GUPALO et al, 2004; KUDRYAVTSEV et al, 2008; MOROV et al, 2009; WNA, 2011b).

Na Figura 07 consta localização do maciço granitoide de *Nizhnekansky* na região de *Krasnoyarsk*



Figura 07. O círculo aponta a localização do maciço granitoide de *Nizhnekansky* na região de *Krasnoyarsk* (JARDINE e GUPALO, 2011).

Os LLW e ILW são manipulados de forma semelhante aos nos outros países. A *Radon* foi a organização responsável pelos rejeitos radioativos médicos e industriais. Ela foi criada em 1961 para desenvolver soluções para aqueles rejeitos (fora do ciclo de combustível) e tem sido responsável por repositórios em 16 regiões que cobrem o território russo. A *Radon* trabalha de forma independente da *Rosatom* e não abrange rejeitos de organizações militares e centrais nucleares (NM, 2002; RADON, 2010).

Em 2010, a *RosRAO* lançou planos para uma solução de locais para repositórios de rejeitos de usinas e de armas nucleares a ser criado entre 2020-2035 (WNA, 2010g).

Vale destacar que a FR vem se utilizando da injeção de rejeitos de reprocessamento de baixo e médio nível de algumas instalações, sendo que a profundidade dos poços foi de até 1500 metros de profundidade (WNA, 2010g).

Em 2008, tentativas de planos experimentais para a construção de 4 a 6 repositórios de LLW e ILW regionais foram executadas na região noroeste do país, leste europeu e regiões Sul dos Montes Urais, que normalmente definem a fronteira entre a Europa e a Ásia. Para os rejeitos contendo radionuclídeos de vida longa, o estabelecimento de um ou dois repositórios na Sibéria e parte sul dos Montes Urais estão previstos (WNA, 2010g).

A FR teve grande interesse em hospedar um repositório internacional de HLW, sendo que, em 2001, o parlamento russo (que é bicameral com a *Duma* contendo 450 membros e o Conselho Federal com 168), aprovou uma legislação para permitir a importação de combustível nuclear irradiado. O então presidente *Vladimir Putin* assinou uma lei e criou uma comissão especial para aprovar e supervisionar tais importações. Mas o país não teve apoio e nem aceitou controle externo de comunidades internacionais, devido aos seus laços com países como o Irã. Neste entendimento, em julho de 2006, a *Rosatom* anunciou que não continuaria a aceitar combustível irradiado de origem estrangeira (MCOMBIE e CHAPMAN, 2004; WNA, 2010g).

3.3. - Índia

A Índia estreou no NLB trazendo regulamentos sobre controle de irradiação de alimentos em 1991. Com a publicação desta norma em 02 de março de 1991, o país estabeleceu um sistema de licenciamento para operadores de instalações de tratamento de alimentos por radiação. Os regulamentos foram especificamente sobre condições técnicas para a preservação, conservação de alimentos contra parasitas e melhoria de sua qualidade higiênica por meio da radiação (NLB, 1992a).

A Índia não faz parte do Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (*Non-proliferation of Nuclear Weapons Treaty – NPT*) devido a seu programa de armas. Assim há 34 anos, o país foi excluído do comércio de reatores para usinas e materiais nucleares, o que tem dificultado o seu desenvolvimento de energia nuclear civil até 2009 (WNA, 2010h).

Devido a essas proibições comerciais e a falta de urânio, a Índia tem desenvolvido um único ciclo do combustível nuclear para explorar suas reservas de tório.

Agora, a tecnologia estrangeira e combustível deverão impulsionar os planos nucleares da Índia de energia sendo que basicamente as usinas nucleares foram idealizadas por meio da engenharia indiana (WNA, 2010h).

3.3.1 - Marcos regulatórios e legislativos da Índia sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos

O programa nuclear indiano teve suas origens no início dos anos 1940 e desde então tem crescido a dimensões consideráveis em alcance e conteúdo, com instalações e atividades espalhadas por todo o país, afetando a vida social, econômica e política da nação. A Índia tem efetivamente utilizado a energia nuclear para a evolução da sociedade, especialmente no campo da agricultura e medicina. É um país que insistiu em tecnologia e recursos indianos, ressaltando a importância da autossuficiência. Isto resultou no desenvolvimento da espinha dorsal industrial necessária para um programa de energia nuclear (MANNULLY, 2008).

Em agosto de 1948, sob a Lei de Energia Atômica, foi criada a Comissão de Energia Atômica Indiana no então Departamento de Pesquisa Científica, que foi criado em junho de 1948. O Departamento de Energia Atômica – *Department of*

Atomic Energy - (DAE) foi criado em 03 de agosto de 1954 na administração do Primeiro-Ministro *Jawaharlal Nehru*. de acordo com uma resolução do governo datada de 1º de março de 1958, a Comissão de Energia Atômica foi estabelecida no DAE (AEC, 2011).

Os objetivos do DAE foram desenvolver tecnologia, pesquisa e a operação de reatores comerciais; destaca-se que a atual lei de energia atômica indiana é de 1962 e ela somente permite que empresas do governo estejam envolvidas no setor nuclear e a Comissão de Energia Atômica indiana é o principal órgão político nuclear do país (WNA, 2010h).

O Estabelecimento de Energia Atômica foi criado em *Trombay*, no subúrbio nordeste da cidade Mumbai no estado de *Maharashtra* (no litoral ao sudoeste do país, cerca de 300 km da capital Nova Delhi), em 1957, e renomeado como *Bhabha Atomic Research Centre* (BARC) 10 anos depois (WNA, 2010h; BARC, 2011).

O *Atomic Energy Regulatory Board* - AERB - Conselho Regulador de Energia Atômica foi criado em 1983 e está subordinado à Comissão de Energia Atômica, mas é independente do DAE. O AERB foi responsável pela regulação e licenciamento de todas as instalações nucleares bem como sua segurança e possui autoridade conferida pela Lei de Energia Atômica para a segurança contra a radiação. No entanto, o AERB não foi uma autoridade estatutária independente, e seu relatório de 1995 sobre uma avaliação de segurança das instalações do DAE teria sido arquivado pela Comissão de Energia Atômica. Em abril de 2011, o governo indiano anunciou que iria legislar para a criação de uma nova Autoridade Regulatória Nuclear da Índia que fosse totalmente independente e autônoma e que substituisse a AERB, de maneira que as avaliações de segurança prévia de usinas sejam de conhecimento público (WNA, 2010h).

Em 3 de fevereiro de 1987 entrou em vigor a *Atomic Energy (Safe Disposal of Radioactive Wastes) Rules, 1987* que tratou sobre os rejeitos radioativos, dispondo basicamente de procedimento de autorização licenciamento e definições de termos técnicos (DAE, 1987).

O programa de energia nuclear indiano teve diversas fases com a utilização de reatores e tem tido êxito nas últimas décadas, explorando o potencial de seus vastos depósitos de tório e com o objetivo em adquirir capacidade nuclear plena. O país ainda investiu na operação de reatores nucleares cobrindo o início e final do

ciclo do combustível nuclear e tem usado plutônio derivado de combustível irradiado para alimentar seus reatores (MANNULLY, 2008).

Segundo Mannully (2008) a Índia recebeu ajuda externa dos Estados Unidos, Canadá e FR com o foco de desenvolver seu programa de energia nuclear. O Acordo EUA-Índia para a cooperação nuclear pacífica de 1963 resultou no estabelecimento de duas usinas nucleares na cidade de *Tarapur* no estado de *Maharashtra* na década de 1960 pela Empresa *General Electric*. Mais tarde, na década de 1970, o Canadá prestou auxílio na construção dos reatores tipo *Pressurized Heavy Water Reactor* – PWR (reator refrigerado a água pesada pressurizada) com capacidade de 300 MWe na cidade de *Rawatbhatta*, estado de Rajastão, a cerca de 500 km ao sudoeste da capital Nova Delhi. Além disso, os dois reatores tipo *Light Water Reactor* - LWR (reator refrigerado a água leve) foram construídos em *Koodankulam*, região no distrito de *Tirunelveli*, no estado de *Tamil Nadu* ao extremo sul do país (cerca de 2.700 km da capital), com o apoio russo.

Ainda de acordo com Mannully (2008), a natureza do programa nuclear indiano levou a articulação entre os programas militares e civis em toda a extensão do ciclo do combustível nuclear e a infraestrutura industrial nacional. A posição da Índia contra o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (NPT), já que o país oficialmente tem armas, tem limitado suas possibilidades de participar de cooperação internacional no campo da energia nuclear bem como causou a junção de suas instalações militares e civis, uma vez que os recursos disponíveis eram limitados. A Índia sempre se recusou a assinar o NPT da Organização das Nações Unidas - ONU (que entrou em vigor em 05 de março de 1970), argumentando que o tratado era discriminatório e que não conseguiria banir completamente as armas nucleares no mundo. A posição estratégica e geográfica da Índia, junto com suas experiências com os países vizinhos, tem influenciado seu argumento sobre o seu desarmamento completo. Após um teste nuclear conduzido pela Índia em 1974 em *Pokhran*, município localizado no distrito de *Jaisalmer*, no estado indiano do Rajastão – cerca de 660 km ao oeste da capital, outros testes nucleares foram interrompidos em 1995 devido à pressão dos EUA, embora outros dois testes nucleares em maio 1998 culminaram o isolamento da indústria nuclear indiana para obter ajuda internacional e cooperação.

Com relação à estrutura legislativa, a Índia tem preconizado pelo uso pacífico da energia nuclear que tem sido regido pela Lei de Energia Atômica do país. A

primeira versão desta Lei foi aprovada em 1948, mas logo foi revogada em 1962, em favor de decretos mais detalhados e abrangentes "para prever o desenvolvimento, controle e uso da energia atômica para o bem-estar do povo da Índia e para outros fins pacíficos " (MANNULLY, 2008).

A lei atual autorizou o governo central a realizar todas as tarefas associadas ao uso da energia nuclear, assim, o programa nuclear indiano foi completamente regido por entidades governamentais, pois, foi o governo central que gozava de exclusividade e controle sobre todos os assuntos relativos a ela (MANNULLY, 2008).

A Emenda de 1987 sobre a Lei de Energia Atômica foi introduzida principalmente para remover os obstáculos financeiros enfrentados pelo Departamento de Energia Atômica na construção de usinas nucleares, como o disposto nos termos da Lei de 1948, que anteriormente não permitia empréstimos comerciais. A norma preparou terreno para a formação de empresas voltadas à produção de energia nuclear, situação esta que resultou em mais transparência, uma vez que a nova Lei aprovou certos princípios financeiros que não tinham estado presentes em estabelecimentos nucleares até então (MANNULLY, 2008).

3.3.2 - Situação atual dos repositórios na Índia

A preocupação com o meio ambiente e o estabelecimento de metas de proteção contra a radiação estão entre as principais prioridades no planejamento do programa nuclear da Índia. No ciclo do combustível nuclear indiano, o combustível irradiado é reprocessado para recuperar plutônio e urânio não utilizados.

Atualmente, há sete instalações de repositórios de superfície, para LLW e ILW, operando perto de reatores nucleares ou de pesquisa em várias partes do país. Estes repositórios são rotineiramente submetidos a monitoramento e segurança / avaliação de desempenho. Uma instalação de armazenamento provisório está em operação para guardar embalados vitrificados para 30 anos ou mais. A Índia tem buscado outras regiões com características de rocha específica para cumprir seu programa de repositório geológico, pois, um projeto preliminar de um repositório / URL já foi iniciado, sendo que pesquisas tecnológicas para o acondicionamento de rejeitos em matrizes cerâmicas e vítreas em um repositório geológico simulado têm tido êxito. O Departamento de Energia Atômica, com a participação da indústria

indiana tem desenvolvido dispositivos remotos necessários para a operação e manutenção de um sistema de gerenciamento de rejeitos (RAJ et al., 2006).

Na Índia, os rejeitos radioativos dos reatores nucleares e das usinas de reprocessamento são tratados e armazenados em cada sítio destas instalações nucleares. Plantas de imobilização de rejeitos estão em operação em *Tarapur* e outra está sendo construída em *Kalpakkam* (cidade na costa sudeste do país no estado de *Tamil Nadu*). A Investigação sobre o local e a disposição de HLW e de longa duração em um repositório geológico está em andamento pelo BARC.

Na Figura 08 consta um mapa da Índia com as principais usinas nucleares do país. Salienta-se que cada sítio apontado possui seu repositório de superfície.



Figura 08. Mapa da Índia com os nomes de suas usinas nucleares e potência em megawatts de eletricidade (WNA, 2010h).

3.4 - República Popular da China (RPC)

Em meados dos anos 80, a República Popular da China apenas publicou no *Nuclear Law Bulletin*, acordos bilaterais com países do ocidente principalmente no campo de uso pacífico da energia nuclear e troca de tecnologias e informações (NLB, 1986a).

Quando a China começou a desenvolver a energia nuclear, uma estratégia para o ciclo do combustível nuclear também foi formulada, que foi anunciada em uma conferência da Agência Internacional de Energia Atômica, em 1987. As atividades para com o combustível irradiado envolveram: seu armazenamento no reator e o armazenamento com o reprocessamento longe de reator. A *China National Nuclear Corporation* – CNNC (Corporação Nuclear Nacional da China), elaborou uma regulação estatal sobre o tratamento de combustível irradiado civil como base para um programa de governo de longo prazo. Há uma taxa de 41 centavos de dólar americano¹⁴ por quilowatt hora incidindo na produção do combustível irradiado para assim financiar o gerenciamento, o reprocessamento e a disposição final do HLW (WNA, 2010i).

Com base em expectativas na capacidade instalada de 20 gigawatts de eletricidade em 2010 e 40 gigawatts até 2020, a taxa para o combustível irradiado cobriu a produção de 600 toneladas em 2010 e deve cobrir 1.000 toneladas para 2020, pois, a produção prevista deste material tem aumentando de 3.800 toneladas para 12.300 toneladas, respectivamente para cada ano (WNA, 2010i).

3.4.1 - Marcos regulatórios e legislativos da RPC sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos

Segundo Shiguan (1987) RPC com seus diversos ministérios tem compilado a legislação nuclear desde 1982, dando prioridade à segurança e qualidade, sendo que um sistema regulatório foi dividido em duas categorias. A primeira diz respeito a regulações administrativas e a segunda sobre regulamentações, critérios e padrões subordinados à Lei de Energia Atômica Chinesa que tem ditado normas sobre pesquisa e desenvolvimento, mineração de urânio, controle de materiais, instalações

¹⁴ Equivalente a 2,60 iuans em 07 de agosto de 2012 às 16 horas (UOL, 2012).

nucleares, proteção contra a radiação, radioisótopos, transporte e indenização por dano nuclear.

A *National Nuclear Safety Administration - NNSA* (Administração para a Segurança Nuclear Nacional – ou *China's Nuclear Regulatory Commission (NRC)* Comissão Regulatória Nuclear da China) foi criada em 1984 sob a designação da Comissão Estatal de Ciência e Tecnologia para exercer controle sobre instalações nucleares civis, incluindo regulação da segurança e garantia para o desenvolvimento seguro dos usos pacíficos da energia nuclear. A NNSA estabeleceu o Centro de Segurança Nuclear de Pequim para fornecer assessoria técnica a órgãos regionais em áreas onde estão localizadas as instalações nucleares. A *Nuclear Safety Advisory Committee* (Comitê Consultivo de Segurança Nuclear), que foi criada em 1986, é outra agência que fornece à NNSA planos sobre licenciamento, condições de pesquisa e desenvolvimento de planejamento e política de segurança nuclear (NLB, 1998a).

Em 29 de outubro de 1986, a RPC promulgou regulações sobre supervisão de segurança e controle de instalações civis nucleares que centralizou ao NNSA esta supervisão por todo o território chinês (NLB, 1987a).

Em suma, as normas estabeleceram que desde o projeto até o descomissionamento de uma instalação nuclear civil era necessário resguardar a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente e promover a minimização dos efeitos de incidentes. A NNSA, como órgão responsável pelo licenciamento de instalações nucleares, bem como legislador e avaliador de segurança das instalações nucleares civis, acumulou a responsabilidade de criar institutos de pesquisa e desenvolvimento, escritórios regionais, contatos internacionais sobre segurança nuclear, informação pública, treinamento de pessoal e conceber um comitê consultivo de segurança nuclear. Ela também pode punir com sanções, revogações de licenças e suspensões (NLB, 1987a; NTI, 2004).

A NNSA está subordinada à *China Atomic Energy Authority - CAEA* (Autoridade de Energia Atômica da China, criada em 1984 como órgão de licenciamento e regulação) e também mantém acordos internacionais em matéria de segurança, reportando-se diretamente ao Conselho de Estado. A NNSA é suficientemente independente do CAEA, que tem planejado a capacidade e viabilidade de usinas nucleares no país. Importante destacar que todas as licenças

para novos reatores estão suspensas na RPC desde 16 de março de 2011 devido ao acidente de *Fukushima* no Japão em março de 2011 (WNA, 2010h).

Em 1986 foram emitidos códigos sobre localização, concepção, exploração e garantia de qualidade de instalações nucleares. Além disso, os códigos de segurança para reatores de pesquisa, aceleradores e gestão dos resíduos radioativos e gerenciamento de rejeitos radioativos estavam em preparação (SHIGUAN, 1987).

Em dezembro de 1995 foi publicada pelo governo chinês uma coletânea da legislação no campo da segurança nuclear chamada de *Collection of Regulations on Nuclear Safety of the People's Republic of China*, sobre regulamentos estabelecidos pela NNSA. Dentro de diversas regulações no campo de controle de materiais nucleares, emergências nucleares, por exemplo, é mister salientar deste compêndio os códigos complementares, como, por exemplo, o Código de Segurança no Gerenciamento de Rejeitos Radioativos de Usinas Nucleares de 29 de agosto de 1991, HAF0800. Este código estabeleceu princípios para gerenciamento de rejeitos e tratou da responsabilidade da organização operadora e da autoridade competente, bem como o sistema de gerenciamento, transporte e disposição de rejeitos radioativos gerados de usinas nucleares e, ainda, de incidentes (NLB, 1996b).

Em 04 de maio de 1982, o Ministério da Indústria Nuclear da China foi criado a partir de um segundo Ministério de Construção de Máquinas, sendo reorganizado seis anos depois com o nome de *China National Nuclear Corporation – CNNC* (NTI, 2011a).

A CNNC, criada em 16 de setembro de 1988, pela autoridade do Conselho de Estado, tem seu presidente e vice-presidente nomeados pelo *Premier* do Conselho de Estado. Ela é uma empresa economicamente autossustentável e não um corpo administrativo do governo (NTI, 2011a).

Em 1º de julho de 1999, foi aprovado pelo Conselho de Estado o estabelecimento de duas empresas estatais no setor nuclear chinês. A CNNC ficou responsável pela promoção e desenvolvimento da energia nuclear e foi dividida em dois grupos de empresas distintos, a saber: a *China Group Corporation Nuclear Industry* (que manteve, no entanto, a sigla CNNC) e *China Nuclear Engineering & Construction Corporation* (CNEC) (NLB, 2000a).

O maior dos dois grupos, a *China Group Corporation Nuclear Industry*, tornou-se um conglomerado estatal que passou a controlar todas as questões nucleares

fora do setor da construção e foi composto por 246 empresas e instituições (NLB, 2000a).

A CNEC tornou-se um grupo empresarial estatal sob a supervisão direta do Conselho de Estado que substituiu a CNNC no setor de construção nuclear sendo composto por 13 unidades de negócios distintas (NLB, 2000a).

As funções administrativas da primeira versão da CNNC foram transferidas para a Comissão Estadual de Ciência, Tecnologia e Indústria da Defesa Nacional. A Autoridade de Energia Atômica da China, que é parte integrante desta Comissão, ficou responsável pela gestão dos usos pacíficos da energia nuclear e a promoção da cooperação internacional (NLB, 2000a).

Atualmente, a CNNC supervisiona todos os aspectos civis e militares dos programas nucleares da RPC, "combinando a produção militar com a produção civil, tendo a indústria nuclear como base durante o desenvolvimento de energia nuclear para promover uma economia diversificada" (NTI, 2011a).

Vale dizer que a CNNC, além de ser economicamente sustentável e estatal, está sob a gestão direta do governo central. Historicamente, a CNNC tem desenvolvido com sucesso a bomba atômica, a bomba de hidrogênio e submarinos nucleares, tendo construído a primeira usina nuclear na China continental (CNNC, 2011).

Na RPC, a CAEA é a organização governamental encarregada de planos de desenvolvimento e projetos para a disposição de HLW. O Ministério da Proteção do Meio Ambiente, seus institutos filiados e a NNSA, são os órgãos reguladores. As atividades de implementação relacionadas com a disposição de rejeitos radioativos são atualmente geridos pela CNNC.

A CNNC é a autoridade operacional, responsável pela escolha do local, construção e operação de repositórios para cada região. O *Everclean Ambiental Engineering Corporation*, uma subsidiária da CNNC, foi fundada para lidar com LLW e ILW sólidos (NTI, 2011b).

A RPC divide seus rejeitos radioativos em cinco categorias:

- (1) os gases residuais e líquidos;
- (2) rejeitos sólidos;
- (3) estéril e rejeitos de mineração;
- (4) rejeitos gerados durante o descomissionamento e descontaminação de instalações nucleares militares;

(5) Rejeitos urbanos de indústrias e institutos envolvidos com materiais radioativos (NTI, 2011b).

Em 2006, o governo da RPC juntamente com a CAEA, o Ministério da Proteção do Meio Ambiente e o Ministério da Ciência e Tecnologia, com o objetivo de construir um repositório de HLW em 2050, publicaram o programa 2006 *R&D Guidelines for Geological Disposal*. Este documento consistiu em três etapas para a disposição de HLW, a saber: (1) entre 2006-2020, estudos em *URL* e escolha do local para um repositório de HLW ; (2) entre 2021-2040, testes subterrâneos *in loco*; e (3) entre 2041-2050, a construção do repositório seguida de sua operação (WANG, 2010).

3.4.2 - Situação atual dos repositórios na RPC

A Política da China atual do gerenciamento do combustível irradiado é a de armazenamento temporário dentro ou fora das instalações de reatores.

Em outubro de 1994, a AIEA patrocinou a "Conferência sobre práticas e questões para desenvolver o gerenciamento de rejeitos radioativos na RPC" e a CNNC anunciou uma política sobre o local de enterramento de LLW e ILW sólidos em camadas de terreno profundas, e o enterramento permanente de resíduos de alto nível. Devido à natureza desta política, todas as províncias e municípios da RPC devem estabelecer instalações de armazenamento temporário de rejeitos, já que todas as instalações nucleares têm seu próprio armazenamento e unidades de tratamento, havendo 21 instalações deste tipo na RPC (NTI, 2011b).

A seleção do local para um repositório de HLW envolveu quatro etapas: nacional, regional, distrital e local. A triagem para a localização do local começou em 1986 com foco na área de *Beishan* no noroeste da China na província de *Gansu*. Outros distritos mais promissores são *Qinhongquan* e *Jiujiu* na parte sul da região (NTI, 2011b).

Uma instalação centralizada de armazenamento de combustível irradiado foi construída no Complexo de Combustível Nuclear *Lanzhou*, a 25 km a nordeste da cidade e capital de mesmo nome na província de *Gansu*. A fase inicial desse projeto teve uma capacidade de armazenamento de 550 toneladas de rejeito e poderia ser duplicada, no entanto, o combustível mais utilizado é armazenado no reator (WNA, 2010i; NTI, 2011b).

O HLW deverá ser vitrificado, encapsulado e colocado em um depósito geológico cerca de 500 metros de profundidade. A seleção do local e avaliação está em curso desde 1986 e está focada em três locais candidatos na área *Beishan*, devendo ser concluída até 2020. Os locais possuem formação granítica e um URL será construído entre 2015-2020 para operar por 20 anos, todos os procedimentos ocorrendo sob a 2006 *R&D Guidelines for Geological Disposal* (WANG, 2010; WNA, 2010i).

Seis poços profundos e oito poços rasos foram perfurados em três locais no sítio de *Beishan* durante o período de 2000-2009. Os resultados mostraram que a formação rochosa granítica é de alta integridade, baixa densidade de fratura e baixa condutividade hidráulica, indicando que o local tem um bom potencial para a construção dos futuros repositórios geológicos (WANG, 2010).

Apesar dos progressos registrados em muitos aspectos, a tarefa de disposição do HLW chinês tem enfrentado muitos desafios de engenharia, sociais, econômicos, científicos e técnicos (WANG, 2010).

Em seguida, as Figuras 09 e 10 ilustram o modelo conceitual do repositório para HLW e o mapa com a localização do sítio de *Beishan*, respectivamente.

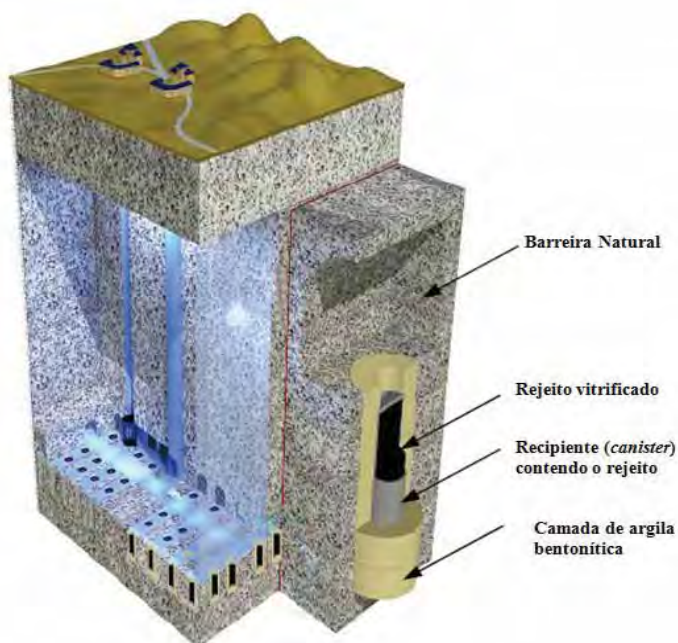


Figura 09. Modelo conceitual do repositório para HLW na China em formação granítica na região de *Beishan* (adaptado pelo autor) (WANG, 2010).

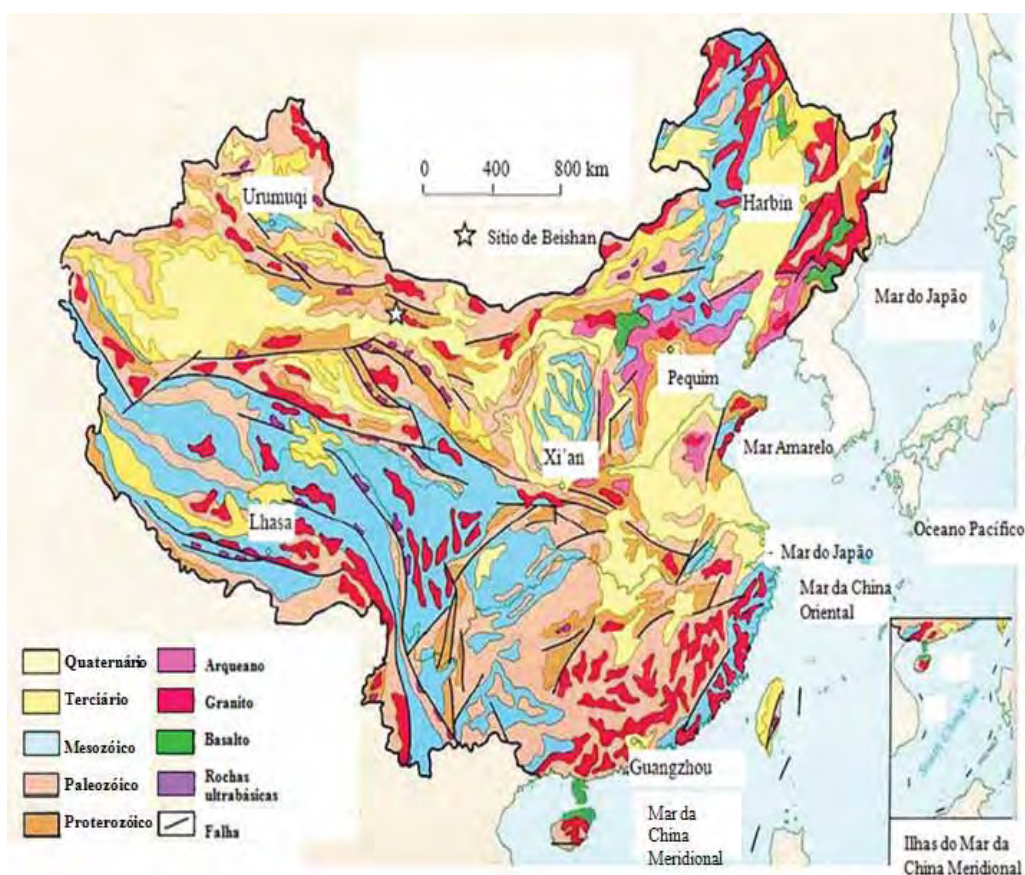


Figura 10. Localização do sítio de *Beishan* no mapa geológico chinês, na província de *Gansu*, ao noroeste do país (adaptado pelo autor) (WANG, 2010).

3.5 - África do Sul

Assim como o Brasil a África do Sul possui dois reatores nucleares – *Koeberg* 1 e 2, localizados a 30 km ao norte da Cidade do Cabo, perto da cidade de *Melkbosstrand* na costa oeste do país. Eles respondem por cerca de 5% da produção de energia elétrica no país (WNA, 2010j).

3.5.1 - Marcos regulatórios e legislativos da África do Sul sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos

Em 1948, a Lei de Energia Atômica Sul-Africana criou o Conselho de Energia Atômica, que mais tarde se tornou a *Atomic Energy Corporation of South Africa Ltd.*, – AEC (Corporação de Energia Atômica da África do Sul Limitada) (WNA, 2010j).

Em 1963, pela *Nuclear Installations Act* (Lei de Instalações Nucleares) houve a previsão de licenciamento de instalações nucleares e, em 1982, por força da Lei de Energia Atômica, a AEC ficou responsável por todos os assuntos nucleares, incluindo até o enriquecimento de urânio. Uma emenda a esta lei criou o *Council for Nuclear Safety* – CNS (Conselho para a Segurança Nuclear), entidade autônoma responsável pelo licenciamento de instalações nucleares (WNA, 2010j).

Em 1º de junho de 1988, a Lei de Energia Atômica foi alterada, consequentemente alterando a de 1982, no sentido de dar ao CNS personalidade jurídica, sendo que ele, até então, tinha caráter meramente consultivo para com o *Minister for Mineral and Energy Affairs - MMEA* (Ministério para Assuntos Minerais e Energéticos) e para com a AEC, opinando sobre questões de licenciamento, saúde e segurança em instalações nucleares, durante a produção, utilização, armazenamento e disposição de material nuclear. A AEC foi uma empresa pública estatal, responsável pelo desenvolvimento nuclear e produção de energia que não necessitava de licenciamento para suas atividades nucleares, sendo que a partir desta nova lei de 1988 o CNS deveria emitir licença (NLB, 1989a).

Em 26 de setembro de 1993, nova alteração entra em vigor na Lei de Energia Atômica, desta vez revogando e substituindo a lei de 1982 e alterando a *Hazardous Substances Act n. 15 of 1973* (Lei sobre Substâncias Perigosas de 1973) que somente redefiniu como material nuclear aquele consistindo de ou contendo radionuclídeo natural ou artificial (NLB, 1979b; 1994a).

A lei também trouxe referências a outros assuntos como responsabilidade civil, indenização e patentes dentre outros tópicos. Importante salientar que ela tratou do controle sobre a disposição final de rejeitos radioativos e do armazenamento de combustível irradiado, ficando esta tarefa a cargo da AEC, bem como funções de desenvolvimento de tecnologia nuclear, comércio e implementação de acordos internacionais de salvaguardas (NLB, 1994a).

A partir desta lei, a AEC teve o poder de decisão e outros mais amplos, podendo estabelecer outras empresas e acordos internacionais sob o crivo do MMEA. A entidade foi dirigida por um quadro de diretores com um presidente e

outros seis subdiretores, sendo subsidiada financeiramente pelo Ministério das Finanças (NLB, 1994a).

O CNS ficou com as funções de regular e emitir licenças para a construção e operação de instalações nucleares, disposição de rejeitos radioativos, armazenamento de combustível irradiado, dentre outras voltadas às autorizações (NLB, 1994a).

As atividades do CNS foram financiadas basicamente por tributos pagos pelos licenciados, recursos do Parlamento e de outras fontes (NLB, 1994a).

A Lei de energia nuclear de 1999 conferiu responsabilidade ao MMEA para a geração de energia nuclear, gerenciamento de rejeitos radioativos e os compromissos internacionais do país (WNA, 2010j).

A *National Nuclear Regulator Act of 1999* (Lei do Regulador Nuclear Nacional) criou o *National Nuclear Regulator* (NNR) substituindo o CNS. Neste sentido, ele recebeu a responsabilidade de abranger projetos do ciclo completo do combustível desde a mineração até a disposição de rejeitos (NNR, 2010; WNA, 2010j).

Destaca-se que a *National Nuclear Regulator Act of 1999*, ao estabelecer o NNR, visou normatizar padrões de segurança e práticas de regulação para a proteção de pessoas, bens e meio ambiente contra danos nucleares. Assim, esta nova legislação teve como objetivo traçar uma clara linha divisória entre a regulamentação nuclear e o desenvolvimento e uso de material nuclear e equipamentos e, conseqüentemente, colocar cada organização responsável por essas atividades no âmbito de leis distintas (NB, 2000a).

Com o intuito de criar o substituto da AEC, a empresa estatal *South African Nuclear Energy Corporation Limited* (NECSA) foi concebida para implementar o acordo de salvaguardas, regular a aquisição, posse, importação e exportação de combustível nuclear, equipamentos e materiais afins e ainda de prescrever medidas relativas à disposição de rejeitos radioativos e do armazenamento de combustível nuclear irradiado (NLB, 2000a; WNA 2010j). Ela também deve lidar com o descomissionamento e descontaminação de instalações nucleares e o gerenciamento de rejeitos nucleares a nível nacional (NECSA, 2011).

A NECSA obteve seu mandato a partir de três marcos regulatórios: a Lei de Energia Nuclear de 1999, a Política de Energia Nuclear de 2008, e as regulamentações que lhe foram conferidas pelo Ministério da Energia (NECSA, 2011).

Na África do Sul, o Departamento de Energia tem a responsabilidade global sobre a energia nuclear e regulamenta suas normas por força do *Nuclear Energy Act 1999*, *National Radioactive Waste Disposal Institute* de 2008.e *National Nuclear Regulator (NNR)* de 1999 vistos anteriormente (ENERGY, 2012).

O Departamento de Assuntos Ambientais é o órgão responsável pela avaliação ambiental de projetos, tendo um acordo de cooperação com o NNR para projetos nucleares (ENERGY, 2012; WNA 2010j).

Em 09 de janeiro de 2009 foi publicada a Lei n.º 53 de 2008 intitulada *National Radioactive Waste Disposal Institute Act* (Lei do Instituto Nacional de Disposição de Rejeito Radioativo), que criará o referido instituto estatal que tem como funções básicas: projetar e idealizar soluções de disposição de rejeitos; gerenciar, operar e monitorar as instalações de disposição de rejeitos; projetar e construir repositórios; auxiliar os geradores de rejeitos de pequenas quantidades e manter um banco de dados das quantidades de rejeitos do país (SAGO, 2011).

O instituto será essencialmente financiado por tarifas pagas pelos geradores de rejeitos e por fundos vindos do Parlamento, bem como o instituto deverá manter um fundo de gerenciamento de rejeitos radioativos (SAGO, 2011).

3.5.2 - Situação atual dos repositórios na África do Sul

Um programa para selecionar um local adequado para a disposição de rejeitos nucleares implicou no exame de uma variedade de parâmetros socioeconômicos relacionados com a geologia de grandes áreas da África do Sul em 1978 (NLM, 2005).

A fase inicial das investigações culminou em 1983, quando três fazendas que agora são o repositório de Vaalputs, foram adquiridas pelo Estado em nome da NECSA, que tem sido responsável pela sua gestão (NLM, 2005).

O instituto nacional de disposição de rejeito radioativo, não foi ainda concretizado, sendo que a responsabilidade pela disposição de rejeitos nucleares tem sido exercida pela NECSA (NLM, 2005; WNA 2010j).

A NECSA vem operando o repositório nacional de LLW e ILW em *Vaalputs* na cidade de *Springbok*, província do Cabo Setentrional (*Northern Cape*) a 923 km ao sudoeste de Pretória. O repositório foi comissionado em 1986 para rejeitos da usina nuclear de *Koeberg* 1 e 2, sendo a única instalação nuclear do continente africano

(localizada a 30 km ao norte da Cidade do Cabo, perto da cidade de *Melkbosstrand* na costa oeste do país) e financiado pelas tarifas pagas pela estatal de eletricidade *Eskom*. Algum LLW e ILW de hospitais, da indústria e da própria NECSA são dispostos em um sítio em *Pelindaba*, que é um centro de pesquisa nuclear onde a África do Sul desenvolveu e construiu bombas atômicas vindo posteriormente armazená-las no local. *Pelindaba* está a 33 km ao oeste de Pretória (WNA, 2010j).

Cumprе salientar que o combustível irradiado foi enterrado em trincheiras a 10 metros de profundidade, que foram preenchidas com solo compactado e reabilitado com o plantio de flora local. Em junho de 1997 foi revelado que alguns tambores descobertos apresentavam ferrugem e estavam vazando radioatividade. O NNR suspendeu temporariamente as operações até que as condições de licenciamento fossem cumpridas pelos operadores e comunicou o fato às comunidades locais em setembro de 2003 (FIG, 2005).

A Figuras 11, 12, 13 e 14 mostram a colocação de tambores em trincheiras, a cobertura das trincheiras, a restauração do local após a cobertura e a localização do repositório de *Vallputs* na África do Sul, respectivamente.



Figura 11. Disposição de tambores contendo LLW e ILW em trincheiras (NLM, 2005).



Figura 12. Cobertura dos tanques com argila (NLM, 2005).



Figura 13. Restauração da vegetação local na superfície do repositório de *Vaalputs* (NLM, 2005).



Figura 14. A seta aponta a localização exata do repositório de *Vaalputs* na África do Sul (NLM, 2005).

3.6 – Alemanha

De acordo com a estrutura legal da Alemanha, sua constituição concede ao *Bund* (Governo Federal) toda a responsabilidade para legislar e regular sobre a produção e utilização da energia nuclear para fins pacíficos, bem como sobre a construção e operação das instalações nucleares. Ele regula também assuntos relacionados à proteção contra perigos ou danos provenientes da energia nuclear ou da radiação ionizante e ainda a disposição de rejeitos de substâncias radioativas (IAEA, 2007).

As informações sobre a República Democrática da Alemanha (RDA) são mais difíceis de serem obtidas, já que ela praticamente estava sujeita aos interesses e regulamentos impostos pela extinta União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS).

Para fins de disposição, os rejeitos produzidos pelos reatores nucleares na Alemanha são divididos em duas categorias: rejeitos geradores de calor e rejeitos não geradores de calor. Rejeitos geradores de calor incluem: combustível irradiado de reatores de água leve e outros tipos de reatores nucleares, os HLW vitrificados, instrumentos do núcleo do reator; rejeitos do revestimento do elemento combustível após o reprocessamento (SAILER, 2008; KONRAD, 2010).

Sailer (2008) complementa que, grosso modo, os rejeitos não geradores de calor são o restante do “lixo” (SIC) radioativo do país. Ele inclui LLW e a maioria ILW, contanto que não gerem calor. O país não faz distinção entre rejeitos com isótopos de longa duração e isótopos de curta duração.

3.6.1 - Regulamentação da República Federal da Alemanha apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978

Segundo Horst (1980) desde a última alteração do *Atomgesetz* (Lei Atômica alemã), em 1976, o *Bund* é responsável pela salvaguarda e disposição final de todos os tipos de resíduos e rejeitos radioativos.

As usinas federais de disposição/descarte necessitam de um tipo especial de aprovação/autorização, de acordo com a *Atomgesetz*, denominada *Planfeststellung*, que significa “plano de aprovação”. Este procedimento administrativo formal legalmente estabelece um projeto de disposição de rejeitos, considerando os requisitos de diferentes planejamentos técnicos e de admissibilidade em relação aos aspectos públicos afetados pela empreitada (HORST, 1980).

As decisões públicas complementares, como licenças, concessões, permissões não são necessárias num primeiro momento. Entretanto, o plano de aprovação não inclui sua admissibilidade pelas leis de mineração, embora as autoridades de mineração tenham de aprovar projetos de perfuração, por exemplo. As disposições do código de mineração também devem ser consideradas conjuntamente com a *Atomgesetz* em instalações subterrâneas de usina de isolamento de rejeitos. O esqueleto do plano de trabalho estipulado pelo Código de Mineração compõe uma parte do procedimento do plano de aprovação. Planos de trabalho detalhados para instalações subterrâneas como armazéns e equipamentos

de mineração devem ser preparados pelos gestores do repositório e devidamente aprovados pelo departamento de mineração (HORST, 1980).

Na República Federal da Alemanha (RFA), o procedimento do plano de aprovação deve estar em conformidade com a *Atomgesetz*, devendo ser realizado por autoridades competentes dos *Länder* (estados federados), que são os ministérios (social, meio ambiente, trabalho, assuntos econômicos e territorial), em que o local está situado. O processo compreende basicamente seis fases, apresentadas a seguir.

a) Requerimento

Na RFA, uma agência especial do *Bund*, o *Physikalisch - Technische Bundesanstalt*, (Instituto Federal de Física e Tecnologia) tem de assumir por força da *Atomgesetz* a responsabilidade de segurança nuclear do *Bund*, podendo ainda esta agência, por exemplo, delegar a um terceiro ou a uma empresa privada uma tarefa específica que achar conveniente (HORST, 1980).

Para o início do procedimento legal, um requerimento deve ser apresentado à autoridade do plano de aprovação. Devem ser anexados ao requerimento, todos os documentos importantes para a avaliação do projeto como, por exemplo, um relatório de segurança, as plantas-baixas, descrições da usina, demonstração da confiabilidade e da qualificação dos funcionários, análise de riscos, dados sobre a natureza e extensão de emissões, ações para minimizar as emissões e dados sobre a natureza e extensão dos rejeitos. O relatório de segurança deve demonstrar todos os riscos induzidos pelo repositório e seu funcionamento, mesmo após o encerramento de suas atividades. Estratégias de fornecimento de mais rejeitos devem ser explicadas (HORST, 1980).

b) Análise e Avaliação

A autoridade licenciadora investiga se a escolha do local é compatível com o interesse público, levando em consideração a conservação de água, ar e solo; se a usina em questão terá efeitos sobre o homem; se a construção e operação do repositório estão em concordância com todos os regulamentos semigovernamentais e se a usina é científica e tecnicamente moderna (HORST, 1980).

c) Notificação Pública

O envolvimento do público, ou seja, o direito à informação, é um requisito especial da *Atomgesetz*. A autoridade competente pelo plano de aprovação deve divulgar dados ao público, devendo anunciar fatos relevantes por jornais editados na região do repositório (HORST, 1980).

d) Apresentação Pública

A fim de se dar informações detalhadas sobre o requerimento e tornar possíveis as objeções de interesses relevantes, o requerimento e os documentos devem ser apresentados ao público durante dois meses (HORST, 1980).

e) Discussão

As objeções têm de ser discutidas com as partes interessadas (uma espécie de audiência pública). A data do debate deve ser formalmente publicada (HORST, 1980).

f) Decisão

Estando todas as exigências legais cumpridas, a autoridade do plano de aprovação concede a licença e se necessário com determinadas imposições. O requerente e as partes com objeção devem ser informados por carta. Os interessados podem interpor recurso contra a decisão que concede ou não a licença (HORST, 1980).

A autoridade do plano de aprovação pode requisitar pareceres com referência a todos os problemas pertinentes, como questões técnicas de segurança, ecologia, meteorologia e geologia. Ela pode ainda solicitar opiniões de outros órgãos envolvidos como as autoridades do governo local e seus órgãos subordinados, como serviços de inspeção de fábrica, conselho de obras e ministério de saúde pública. As autoridades dos municípios e da comunidade, bem como as autoridades federais competentes também devem ser envolvidas. O governo estadual, federal e as comunidades, são dirigidas e representadas em todos os atos pelos seus respectivos parlamentos, neste sentido sendo uma forma indireta de participação pública (HORST, 1980).

O *Bund* deve ainda realizar consulta com as comissões alemãs sobre a segurança do reator (para usinas nucleares) e proteção radiológica. Estas

comissões são compostas por especialistas competentes que cobrem todos os aspectos técnicos no campo nuclear.

A autoridade do plano de aprovação considera a disponibilidade de peritos e opiniões de autoridades envolvidas como condição essencial para a concessão da licença (HORST, 1980).

Para o efetivo deferimento do plano de aprovação é preciso ainda levar em conta:

- a proteção da vida, saúde e propriedade contra os perigos da energia nuclear e radiação ionizante e também a garantia de que as pessoas não estejam expostas aos perigos produzidos pela construção e operação de um repositório;
- a confiabilidade na qualificação profissional do requerente e de sua equipe;
- a utilização das mais atuais tecnologias e bases científicas para prevenir e impedir qualquer tipo de dano; e
- a aprovação e supervisão que deve abranger a construção, operação, fechamento e operação pós-fechamento do repositório (HORST, 1980).

Outras legislações importantes existentes para as instalações nucleares podem também ser evocadas de modo análogo ao sistema de repositório (que é uma instalação nuclear), especificamente:

- A *Atomgesetz* com seus decretos como o de proteção contra a radiação (para o meio ambiente e funcionários do repositório);
- Normas sobre proteção da água existente, ar e solo;
- O código de obras; e
- Normas sobre planejamento e uso do território aplicadas conjuntamente com a lei de mineração e seus decretos especiais (HORST, 1980).

3.6.2 - Marcos regulatórios e legislativos da Alemanha sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos

Em 1955, o governo da RFA criou o *Bundesamt für Atomenergie* - BfA – (Ministério de Energia Atômica) com fortes elos às regulações europeias. O *Atomgesetz* ou *Atomic Energy Act* (Lei de Energia Atômica) é a principal lei que

regula o campo nuclear na Alemanha. Foi promulgada em 1959, sendo também o pilar da legislação pertinente ao licenciamento e segurança das instalações nucleares. A Lei sobre Proteção Contra Radiações, Lei sobre Procedimentos de Licenciamento Nuclear e seis outras normas complementam o *Atomgesetz* (WNA, 2010b).

Em 1959, logo após a promulgação do *Atomgesetz*, a RFA oficialmente declarou rejeitar a aquisição, desenvolvimento ou uso de armas nucleares (IAEA, 2007; NLB, 1969), sendo que até a reunificação das “Alemanhas” em 1990, o uso da energia nuclear para fins bélicos era restrito apenas à RDA e ao seu território na capital Berlim.

A Convenção de Paris, que fez vigorar a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), foi assinada apenas pela RFA. Esta organização previa o crescimento econômico dos países signatários com base em acordo multilaterais (OCDE, 2011).

Em 1963, o *Bund* emitiu uma recomendação para usar formações salinas para a disposição dos rejeitos radioativos (WNA, 2010b).

Em 23 de dezembro de 1969, foi publicada norma complementar à lei sobre o uso pacífico da energia atômica e proteção contra seus danos (NLB, 1969).

Tal norma foi aprovada pelo *Bundestag* (Parlamento), com o consentimento do *Bundesrat* (Conselho Federal Alemão) e tiveram como escopos principais o reforço ao uso pacífico da energia atômica, proteção da vida, saúde e propriedade contra os males nucleares, prevenção de liberações nucleares ao país e garantia do cumprimento das obrigações no tocante ao uso da energia nuclear e proteção contra à radiação (NLB, 1969).

Com relação à disposição de rejeitos, esta norma apontou de maneira inédita dentre os países selecionados neste estudo, o seguro de responsabilidade de terceiros que deve cobrir a responsabilidade legal para o pagamento de indenização sobre resultados como perda de vidas, danos pessoais ou a deterioração da saúde causada a qualquer pessoa. A norma previu também as indenizações causadas por danos à propriedade, resultantes de qualquer processo de fissão nuclear realizado em instalações nucleares ou radiações oriundas de qualquer substância radioativa proveniente de tais instalações, equipamentos ou de qualquer atividade, incluindo a disposição de rejeitos ou resíduos (NLB, 1969).

Em 07 de junho de 1972, por meio do *Abfallbeseitigungsgesetz* (Lei Federal de Disposição de Rejeitos), a RFA decidiu depositar seu ILW em minas de sal exauridas. O HLW foi excluído da norma, pois, seriam estudadas melhores maneiras para à sua disposição no futuro (NLB, 1974b).

Em 1973, foi iniciado um planejamento de um repositório nacional (WNA, 2010b).

Em 1974, foi realizado um estudo sobre os problemas jurídicos da disposição subterrânea de rejeitos radioativos com relação aos estudos sobre direito empresarial e direito internacional da energia atômica, publicados pelo Instituto de Direito Internacional da Universidade de *Göttingen* que citou que a RFA deveria optar definitivamente pela utilização de formações salinas profundas como a mina abandonada de sal de *Asse* (região central da Alemanha) para a disposição de LLW e ILW e, no que tange aos de alto nível um programa de pesquisa e desenvolvimento esteve em curso para analisar a adequação daquela mina para um melhor método de disposição (NLB, 1974b).

Este estudo ainda discutiu que a questão legal sobre a disposição subterrânea de rejeitos radioativos em formações salinas estava definitivamente carecendo de dispositivos legais, pois, a norma sobre o “descarte” prevista no artigo 12 da *Atomgesetz* não tinha ainda sido emitida até meados da década de 70, e a Lei Federal de Disposição de Rejeitos, excluiu expressamente os HLW (NLB, 1974b).

O estudo também fez uma análise de diversas áreas do direito com relação à disposição de resíduos e rejeitos em formações salinas bem como sua permissibilidade legal, indagando se as leis estavam aptas a proteger o meio ambiente, a população local e funcionários que diretamente estariam trabalhando com o descarte contra radiações.

A conclusão foi que a legislação permitia o depósito de rejeitos radioativos em formações salinas, mas que o direito de terceiros sobre o uso da propriedade de minas salinas abandonadas seria exercido por meio de servidões judiciais. Todavia, tal dispositivo não havia sido contemplado no ordenamento jurídico alemão até então (NLB, 1974b).

Como parte de seu programa nuclear de 1973 até 1976, o governo da RFA publicou planos para um maior desenvolvimento da legislação nuclear alemã. Neste contexto, especial atenção foi dada: à revisão das bases legais para considerar a segurança e aspectos radioecológicos nos assentamentos das instalações

nucleares; à revisão e a aceleração do processo de licenciamento das instalações nucleares; à ratificação da Convenção de Paris e da Convenção Suplementar de Bruxelas¹⁵; à modernização da legislação de proteção contra as radiações; e à elaboração de critérios de segurança e melhoria das condições de aplicação da *Atomgesetz* (NLB, 1973a).

Em 20 de dezembro de 1974, o Ministério Federal para a Pesquisa e Tecnologia da RFA e a Comissão de Energia Atômica dos EUA (*Atomic Energy Commission* - USAEC) fecharam um acordo de intercâmbio técnico e cooperativo no campo de gerenciamento dos rejeitos radioativos. O acordo abrangeu amplas áreas de desenvolvimento tecnológico no tratamento, manipulação e armazenamento de rejeitos radioativos resultantes de operações nucleares nos respectivos países. As partes acordaram em disponibilizar uma à outra, informações sobre o gerenciamento dos rejeitos radioativos nas seguintes áreas técnicas (NLB, 1975a):

- disposição de rejeitos radioativos em depósitos de sal;
- instalações para armazenamento de rejeitos em superfície recuperável;
- investigação e desenvolvimento de gerenciamento de rejeitos;
- rejeitos do descomissionamento das instalações nucleares;
- aspectos operacionais de armazenamento ou disposição de LLW e ILW;
- transporte dos rejeitos radioativos.

O acordo foi celebrado por um período de cinco anos, podendo ser prorrogado por concordância mútua (NLB, 1975a).

Em 1975, o *Bund* enviou ao parlamento um projeto de lei que alteraria o *Atomgesetz*. O projeto continha modificações para o estabelecimento de competência federal em matéria de gerenciamento seguro e armazenamento final dos rejeitos radioativos. Além disso, o projeto tinha disposições legais visando a proteção da população, a melhoria do processo de licenciamento e controle, bem como disposições penais (NLB, 1975a).

Quanto à competência federal para o gerenciamento seguro e armazenamento final dos rejeitos radioativos, uma série de novas medidas foram propostas para inserção na lei como, por exemplo, restringir no *Atomgesetz* que "qualquer pessoa que utiliza a energia nuclear ou manipula substâncias radioativas

¹⁵ Convenção Suplementar de Bruxelas foi, num plano geral, concebido para uniformizar a legislação internacional visando a proteção da população que habita perto de fronteiras de usinas nucleares estrangeiras, a navegação de navios nucleares, o transporte marítimo de material nuclear e o incentivo ao uso pacífico da energia nuclear (NLB, 1974b; NLB, 1975a; NLB, 1984a).

deve considerar que substâncias radioativas residuais ou componentes radioativos provenientes de descomissionamento devem ser utilizados de maneira inócua com o fim de se reduzir a produção de rejeitos radioativos na medida do possível. Se assim não for possível por razões técnicas ou economicamente inviáveis, ou incompatíveis com os requisitos de proteção contra radiações, tais substâncias e componentes devem ser descartados como rejeitos de uma forma apropriada” (NLB, 1975a).

As alterações destacaram ainda que: “o titular dos rejeitos radioativos é obrigado a entregá-los a uma agência governamental; os rejeitos radioativos que não são perigosos podem estar sujeitos à Lei Federal de Disposição de Rejeitos; cada *Land* (Estado Federado) deve coletar os rejeitos e resíduos nucleares para armazenamento provisório enquanto o *Bund* tem de estabelecer instalações apropriadas para a disposição final e segura bem como o armazenamento de rejeitos radioativos” (NLB, 1975a). E ainda que “a construção e operação de instalações para a disposição final e armazenamento de rejeitos radioativos pelo *Bund* bem como o procedimento de planejamento e uso do solo deve estar de acordo com a Lei Federal de Disposição de Rejeitos. Esta lei tem como foco a integração da instalação com o meio ambiente levando em conta o interesse público” (NLB, 1975a).

A disposição de rejeitos deveria ser feita mediante pagamento de tarifa ao *Physikalisch Technische Bundesanstalt* (Instituto Federal de Física e Tecnologia), devendo este ser competente para desempenhar as funções do *Bund* ao abrigo das disposições mencionadas, sob a supervisão do Ministério Federal para a segurança nuclear e a proteção contra as radiações (NLB, 1975a)

Além disto, o Instituto tornou-se competente para:

- a custódia governamental de combustível nuclear;
- a construção e operação das instalações federais para a guarda e armazenamento final dos rejeitos radioativos;
- o licenciamento e transporte de combustível nuclear e fontes intensas de radioatividade (NLB, 1976b; UNECE, 2009);
- o licenciamento da instalação de armazenamento do combustível nuclear fora da custódia do governo, na medida em que o armazenamento não seja inicial ou não seja de materiais advindos da produção, tratamento, processamento ou reprocessamento de combustível nuclear bem como da utilização e

disposição de resíduos radioativos provenientes de descomissionamento de usinas nucleares, as quais exigem uma licença especial; e

- o cancelamento ou a revogação de licenças do terceiro e quarto itens acima (NLB, 1976b).

No exercício dessas funções, e principalmente do segundo item, o Instituto deveria agir em conformidade com as instruções técnicas do Ministério Federal para a Segurança Nuclear e a Proteção contra as Radiações na medida em que estão envolvidas questões que dizem respeito à pesquisa e tecnologia na área de conservação segura e armazenamento final dos rejeitos radioativos (NLB, 1976b).

Qualquer pessoa que, sem licença, não procedesse a transferência de rejeitos radioativos, nos termos da legislação alemã, poderia ser condenada à prisão por um período de até cinco anos ou sofrer multa (NLB, 1976b).

Em julho de 1975, dos países em estudo, a RFA foi uma das nações pioneiras a publicar internacionalmente a Lei Revisada sobre os Usos Pacíficos da Energia Atômica e Proteção Contra seus Riscos na *Atomogesez* e de modo mais específico na Lei de Disposição de Rejeitos Radioativos, mas apenas relatando a obrigatoriedade de licenças e permissões ao titular que manipula substâncias radioativas (NLB, 1975b).

Em 31 de dezembro de 1976, a RFA, em complemento à legislação de julho de 1975, por meio do Ministério Federal do Interior, especificou a situação do dispositivo de rejeitos radioativos, na referida lei (NLB, 1976a; WNA, 2010b).

Tal adendo incorporou algumas definições e disposições regulatórias que garantiram mais precisão ao já legislado e que puderam ser resumidas nos seguintes pontos: os *Länder* (Estados Federados - forma plural de *Land*) deveriam estabelecer órgãos, denominados Coletor Estatal (*Landessammelstellen*), para o armazenamento provisório de rejeitos radioativos provenientes dos seus territórios; o *Bund*, por sua vez, deveria estabelecer instalações para a guarda e armazenamento final de rejeitos radioativos. O *Bund* e os *Länder* poderiam, para o cumprimento das suas obrigações, recorrer a serviços de terceiros (NLB, 1976b).

Os LLW, que não fossem combustíveis nucleares, não deveriam ser considerados substâncias radioativas, neste sentido não haveria descarte especial requerido, determinado ou licenciado, apesar deles emitirem radiação ionizante espontaneamente na acepção da lei, neste caso não devendo ser transferidos para instalações de armazenamento (NLB, 1976b).

A construção e operação das referidas instalações, bem como qualquer alteração material de tais instalações ou o seu funcionamento estão sujeitas ao planejamento de uso do solo, não podendo este planejamento ser estendido à mineração e armazenamento profundo, pois, nestes casos, a autoridade competente decidiria sobre isto (NLB, 1976b).

No caso da Lei Federal de Disposição de Rejeitos, há menções sobre o planejamento de uso do solo com as seguintes modificações:

- a publicação do projeto, a data da audiência pública, o controle público do planejamento de disposição, o processamento das intervenções, o procedimento de realização da audiência e a tomada de decisões deveriam ser feitas nos termos da Lei Federal de Proteção contra as Perturbações de 15 de março de 1974 (NLB, 1976b).
- Os rejeitos radioativos deveriam ser manipulados em um órgão de coleta de um *Land* ou outra instalação licenciada para a disposição de rejeitos radioativos, sendo que a cobertura financeira seria de 10 milhões de marcos. Se os rejeitos radioativos fossem provenientes de uma instalação que operasse ou mantivesse uma unidade fixa para a produção, tratamento, transformação ou fissão de combustível nuclear, ou para o reprocessamento de combustível nuclear irradiado, tais substâncias deveriam ser manipuladas em outra instalação licenciada para a disposição de rejeitos radioativos, neste caso a cobertura financeira seria de 100 milhões de marcos (NLB, 1976b).
- Para reatores nucleares com uma capacidade de geração de energia de até um megawatt, a cobertura financeira piso seria de 5 milhões de marcos, sendo que este valor aumentaria para um milhão a cada megawatt adicional, até o teto de 500 milhões de marcos. O valor piso incluiu as instalações de armazenamento de combustível nuclear ou produtos de rejeitos e resíduos radioativos originados dos reatores, que fossem armazenados provisoriamente no prédio do reator aguardando disposição final (NLB, 1976b).

Contudo, naquele ano de 1976, apesar da menção da existência de órgãos governamentais coletores de rejeitos para armazenamento e disposição final de rejeitos radioativos, a legislação deixou questões expressas no próprio corpo da lei para serem reguladas no futuro como, por exemplo: como a transferência de

substâncias radioativas residuais deveria ser efetuada; quais os requisitos de segurança deveriam ser cumpridos para com a transferência dos resíduos e rejeitos radioativos; como os resíduos e rejeitos radioativos deveriam ser mantidos e armazenados com segurança nos órgãos de coleta dos *Länder* e das instalações federais; em que condições e de que maneira os resíduos e rejeitos radioativos deveriam ser entregues aos órgãos de coleta dos *Länder* e às instalações federais; e como as instalações deveriam ser supervisionadas (NLB, 1976b).

Strassburg (1978) ao contemplar as emendas introduzidas em 1976 na *Atomgesetz* entendeu que houve brechas no sentido de que o *Bund* sendo responsável pela construção e operação de instalações de armazenamento final de rejeitos radioativos, assumiu a possibilidade de ter rateada esta responsabilidade com empresas privadas podendo assim contratá-las, mas isto depende de decisões judiciais, confirmando a partilha de responsabilidades.

Em 20 de abril de 1976, foi publicada no *Federal Gazette* (“Diário Oficial da União”) da RFA a Lei sobre Proteção Contra Danos Causados por Radiação Ionizante, a qual passou a vigorar em 1º de abril de 1977 (NLB, 1976a).

Esta lei revogou duas leis anteriores que tratavam da radiação ionizante de modo mais genérico e simplista. Uma de 1960, que tratou de radiação em geral e a outra de 1964 que tratava de radiação em instituições educacionais. Tal lei, mais moderna, estabeleceu normas sobre a manipulação, a operação, o estoque, a negociação, o transporte e o refino de substância radioativa e minérios radioativos.

Em 27 de setembro de 1977, a RFA e a Holanda celebraram um acordo visando a proteção ambiental e segurança das instalações nucleares nas áreas de fronteira de seus territórios. Tal acordo faz com que estas duas nações informem uma à outra sobre seleção de sítios, construção, operação e o descomissionamento de instalações nucleares em um raio de 30 km da linha de fronteira. De 30 a 100 km, os países informarão um ao outro sobre as instalações já existentes, especialmente as instalações de armazenamento de rejeitos radioativos (NLB, 1978)

Após um exaustivo processo de seleção do local, o governo do estado da Baixa Saxônia, em 1977, declarou que o domo de sal em *Gorleben* (município localizado no distrito de *Lüchow-Dannenberg*, estado da Baixa Saxônia ao norte do país), seria o local para um centro nacional para a disposição final de rejeitos radioativos (SAILER, 2008; WNA, 2010b).

Em 22 de março de 1980, o Ministério do Interior publicou na imprensa oficial o *Entsorgung* (Princípios sobre Precauções para o Gerenciamento de Disposição e Reprocessamento de Combustível Nuclear de Usinas Nucleares), onde também foram tratadas as punições de atos criminosos contra o meio ambiente, desta forma integrando tais crimes ao Código Penal Alemão, com penas de um ano de prisão e multa para o poluidor (NLB, 1980a).

Em 29 de agosto de 1980, entraram em vigor alterações sobre as disposições da Lei de Energia Atômica com relação aos custos de instalações nucleares no sentido de que as autoridades deviam cobrar taxas administrativas sobre requerimentos de licenças para o transporte ou armazenamento de combustíveis nucleares e custos aplicáveis às instalações de repositórios e armazenamento temporário dos rejeitos nucleares pertencentes ao *Bund* e os *Länder*. O uso destas instalações implicaria no pagamento de taxas e de despesas com o fim de cobrir os custos dos investimentos (NLB, 1980b). A norma deveria estar em vigor até 31 de dezembro de 1986, e foi considerada um passo importante no cumprimento da obrigação legal do *Bund* para construir e operar uma instalação de armazenamento final dos rejeitos radioativos, e ao mesmo tempo, ela definiria a responsabilidade financeira da indústria nuclear (NLB, 1982b).

Em 8 de setembro de 1987, a RFA e a RDA assinaram um acordo de troca de informações e experiências no campo de proteção contra a radiação, dentre diversas disposições. Interessante notar que as Alemanhas deveriam prestar informações uma à outra sobre acidentes nucleares, níveis incomuns de radiação e sobre disposição final de rejeitos radioativos e combustível irradiado (NLB, 1987b).

Em 05 de junho de 1986, foi criado por lei o *Bundesministerium für Umwelt, Natur-schutz und Reaktorsicherheit* (BMU) (Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear), o qual ficou competente, dentro de diversas funções ambientais, também com o papel de segurança das instalações nucleares, fornecimento e disposição de rejeitos nucleares compatível com um meio ambiente equilibrado (NLB, 1986a; NLB, 1987b; BMU, 2010).

Em 24 de fevereiro de 1989, o *Bund* propôs ao Parlamento emendas ao *Atomgesetz* que, dentre diversas responsabilidades, deveria ter a autoridade de determinar a construção e operação de um repositório final (NLB, 1989a). Tal atribuição ocorreu em 02 de outubro de 1989 (NLB, 1989b).

Em 1988, a República Democrática da Alemanha (RDA) publicou alguns pontos de sua situação legislativa nuclear no NLB, todavia, no que concerne ao assunto de repositórios de rejeitos, o país relatou que sua Secretaria de Estado e a AIEA poderia em conjunto proceder inspeções sobre as instalações e materiais nucleares, sendo que a disposição de rejeitos foi sempre submetida à apreciação da Secretaria de Estado Alemão (NLB, 1988b).

Em novembro de 1989, foi criado o *Bundesamt für Strahlenschutz* - BfS (Agência Federal de Proteção contra a Radiação), cujo objetivo foi de segurança e proteção do homem e do ambiente contra os danos causados por radiações ionizantes e não ionizantes. Ele é um órgão ligado ao BMU que o supervisiona, mas tem a responsabilidade de construir e operar repositórios de rejeitos (BFS, 2011).

Em 1990, A RDA começou a sofrer os efeitos do processo de unificação das Alemanhas e a optar pelo uso pacífico da energia nuclear, iniciando o processo de substituição de sua legislação, no campo da energia nuclear, pelo *Atomgesetz* da RDA, adaptando e implementado suas principais normas, tais como o *Act on the Use of Atomic Energy and Protection Against its Dangers - Atomic Energy Act (AEG)* de 8 dezembro de 1983; o *Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz - VOAS (Ordinance on Nuclear Safety and Radiation Protection)* de 11 de outubro de 1984, e as regulamentações do *Order on the Issuing of Radiation Protection Licences for Nuclear Installations* de 21 de junho de 1979 (NLB, 1990a).

A *Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS) (The Board of Nuclear Safety and Radiation Protection)* foi responsável pela adaptação da estrutura da legislação, dos níveis de doses de substâncias radioativas, do licenciamento de atividades nucleares, do transporte de materiais radioativos, da responsabilidade de terceiros e da inclusão do bloco oriental como membro da AIEA (NLB, 1990a).

Cabe reiterar que devido a RDA estar intimamente ligada aos interesses da URSS nas décadas de 60,70 e 80, os dados referentes a ela são áridos e pouco conhecidos, mas, após a edição de 1990 do NLB, foi apresentado um sumário das principais disposições de sua legislação nuclear nos seguinte pontos:

Autoridades Competentes no campo nuclear: A RDA exercia o controle estatal sobre o uso da energia nuclear por meio de licenciamento e vigilância das atividades nucleares, sendo que o órgão denominado Conselho de Ministros assumia total

responsabilidade e tomava decisões fundamentais sobre o uso pacífico da energia e proteção contra seus perigos. Outro órgão de destaque é a *Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz* (SAAS) (*The Board of Nuclear Safety and Radiation Protection*) que foi o órgão controlador do Conselho de Ministros eleito por este conselho e responsável pela emissão de regulações e normas sobre segurança nuclear e proteção contra a radiação, pela concessão de licenças de manuseio de materiais nucleares, do transporte de materiais radioativos e combustível nuclear e finalmente pela inclusão da RDA como membro da AIEA (NLB, 1990a).

Vale dizer que a RDA adotou disposições relativas à proteção contra as radiações baseadas em recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (*International Commission on Radiological Protection - ICRP*) (NLB, 1990a).

Toda a atividade nuclear na RDA deveria ser licenciada nos termos da Lei de 21 de junho de 1979 e, no campo do gerenciamento de rejeitos, o país utilizava juntamente o VOAS e o *Board of Nuclear Safety Radiation Protection* para licenciar usinas de energia nuclear, reatores de pesquisa e outras instalações para processamento, tratamento e armazenamento de materiais nucleares; fábricas de reprocessamento e repositórios para o armazenamento final dos rejeitos radioativos (NLB, 1990a).

Salienta-se que a RDA também adotou o princípio do Poluidor Pagador em disposições do VOAS e do *AEG*, em suma estabelecendo que os materiais radioativos que não fossem mais utilizados para o uso convencional deveriam ser tratados como rejeitos precisando ser coletados, segregados e armazenados em repositórios centrais. Estes deveriam ser previstos e considerados antes da criação de uma instalação nuclear, sendo esta última disposição, sobre a previsão de repositórios, oriunda de uma Lei de 25 de fevereiro de 1986. Esta lei também determinou que os operadores de usinas que produziam rejeitos deveriam enviar o material radioativo para um coletor central para armazenamento. Em seguida, o rejeito deveria ser enviado a um repositório final capaz de isolar os radionuclídeos do meio ambiente até os limites de isenção de contaminação estabelecido pelo VOAS que, em regra, estabelece que a média anual de dose equivalente efetiva para um membro do público não dever ser superior a 1 mSv (NLB, 1990a).

Interessante observar que foi concedida uma licença para a operação de um repositório final de rejeito radioativo em *Morsleben* – também denominado *Endlager*

für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) - região ex-parte integrante do distrito de *Börde* em *Saxônia-Anhalt*. Desde 01 de janeiro de 2010, é parte do município de *Ingersleben*, no centro norte da atual Alemanha (BFS, 2011).

A legislação para a instalação deste repositório e todas as suas condições foram estabelecidas pelos *Regulations on the general conditions for central collection and final storage of radioactive materials* de 4 de setembro de 1981 e a *Regulations on the general conditions for radioactive materials* de 15 de dezembro de 1987 (BFS, 2011).

O transporte de material radioativo foi regulado também pelo VOAS, aplicado conjuntamente com Regulações sobre o transporte de materiais radioativos (ATRS) de 27 de novembro de 1989.

Destaca-se que, com relação à responsabilidade de terceiros a RDA não fez parte de nenhum acordo ou tratado internacional sobre responsabilidade por dano nuclear, sendo que nunca houve nada específico sobre indenização oriunda de uso da energia nuclear. Assim foi aplicado Código Civil alemão referente as generalidades de responsabilidade por dano (NLB, 1989a).

Em 23 de agosto de 1990, a RDA oficialmente declarou-se unida à RFA. Com isto todas as leis sobre energia nuclear da Alemanha Ocidental foram transmitidas definitivamente e incorporadas à Oriental. Sendo assim, os seus 5 *Länder* (*Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thuringen e Sachsen*) passaram a adotar o *Atomgesetz*, bem como todas as outras normas e tratados internacionais previamente estabelecidos com a RDA. Oficialmente à meia noite do dia 2 de outubro de 1990, a RDA deixou de existir, sendo que em 31 de agosto de 1990 a *Atomgesetz* da RFA entrou em vigor definitivamente na RDA (NLB, 1990b).

Em 12 de julho de 1990, o *Bund* emitiu um segundo decreto para emendar a Lei de 1982 sobre contribuições financeiras antecipadas da indústria nuclear para a construção de um repositório final de rejeitos (NLB, 1990b).

Em 03 de junho de 1991 o *Reaktor-Sicherheitskommission* - RSK (*Reactor Safety Commission*), órgão consultivo do BMU, expediu uma recomendação sobre a operação do repositório final de rejeitos radioativos na região de *Morsleben* na mina de sal-gema *Bartensleben*, distrito de *Börde* em *Sachsen-Anhalt*, que operou numa primeira fase de 1971 até 1991 (BFS, 2011).

De 1990 até 1994, o *Bund* planejou e elaborou uma grande revisão da *Atomgesetz* de 1959, requerendo o fechamento imediato de todas as usinas

nucleares do país. Diante disto, o governo reuniu esforços para dar continuidade à política energética do país, conseguindo aprovar a Lei de 19 de julho de 1994 que assegurou o uso de carvão para a geração de energia no país. Foram aprovadas em seguida algumas emendas à *Atomgesetz* sobre o tratamento dos rejeitos radioativos, sendo que o regulamento anterior previa que os resíduos nucleares deveriam ser reciclados e, no caso de combustível irradiado, reprocessado, e, diante da impossibilidade de reprocessamento ou reciclagem por razões listadas na lei, eles deveriam ser dispostos seguramente. A nova emenda pôs fim à prioridade da reciclagem ou reprocessamento, sendo que o produtor deveria tomar a decisão (NLB, 1994b).

Em 23 de Outubro de 1995, uma portaria sobre todos os aspectos das atividades de mineração (Portaria Geral sobre mineração) (*Bundesgesetzblatt*) foi emitida pelo Ministério Federal da Economia, em concordância com os Ministérios Federais do Trabalho e Assuntos Sociais e de Trânsito. Esta norma estabeleceu estruturas para a segurança e proteção da saúde no que diz respeito às atividades de mineração, incluindo o armazenamento subterrâneo de rejeitos de mineração, devendo também ser aplicada diretamente aos repositórios de rejeitos radioativos (NLB, 1996a).

Em 06 de abril de 1988, foi alterada a *Atomgesetz* de 1959 que tinha como objetivo o de implementar foi implementar a regulação 92/3/Euratom de 03 de fevereiro de 1992 da União Europeia, relativa à fiscalização e controle do movimento transfronteiriço de rejeitos radioativos. A aplicação desta norma a nível nacional foi solicitada em 01 de janeiro de 1994 (NLB, 1998a ; EUR-LEX, 2011).

A alteração focou na melhoria da segurança nuclear em relação às instalações nucleares existentes e ao desenvolvimento de tecnologia de segurança nuclear. As disposições adicionais desta emenda lidaram principalmente com a disposição final de rejeitos radioativos (NLB, 1998a).

Com a emenda a disposição final dos rejeitos radioativos tornou-se definitivamente uma tarefa a ser cumprida pelo *Bund*, que teria de construir repositórios com a possibilidade de utilizar terceiros para assisti-lo no cumprimento desta tarefa. A nova versão da lei agora abriu as portas para uma transferência de funções para terceiros em dois momentos legislativos (NLB, 1998a) :

- 1) Num primeiro momento, o *Bund* continuou responsável pela destinação final de rejeitos, podendo transferir esta atribuição a terceiros (os chamados

"*beliehener Unternehmer*" algo como "empresários emprestados"), neste sentido transferindo as suas funções públicas. Neste caso, o ente privado, que normalmente é uma empresa, vai exercer o poder público em nome do *Bund*. Assim esta transferência de função foi entendida como um primeiro passo para a privatização de repositórios (NLB, 1998a).

2) Num segundo momento, a transferência de funções públicas para a indústria nuclear privada será definitiva, com base em uma nova lei a ser promulgada, que deve reafirmar a responsabilidade do *Bund* para construir e operar repositórios finais para os rejeitos radioativos. Porém pode inteira e definitivamente transferir sua responsabilidade à uma "pessoa jurídica" a ser denominada *Körperschaft des öffentlichen Rechts*" sob a égide do direito público (empresa pública)(NLB, 1998a).

Todos os operadores das instalações nucleares e outras entidades produtoras de rejeitos nucleares que precisarem de instalações para disposição final de rejeitos radioativos devem ser membros obrigatórios desta "pessoa jurídica". Este seria o passo final essencial para a "privatização" da disposição dos rejeitos radioativos. A disposição de rejeitos continuaria a ser uma atribuição de direito público, mas a responsabilidade recairia sobre os produtores de rejeitos. O *Bund* então deixaria de ser responsável pela destinação final. No entanto, a forma de uma "pessoa jurídica" de direito público garante que a disposição de rejeitos continue a ser uma tarefa pública e supervisionada sob as regras de direito público (NLB, 1998a).

Para facilitar a construção e operação dos repositórios bem como viabilizar alterações nos repositórios existentes, novas emendas legislativas devem prever a possibilidade de expropriações, se necessárias. A expropriação foi permitida com o objetivo de facilitar a investigação de locais para repositórios, com preferências a formações geológicas profundas (NLB, 1998a).

Em 14 de Junho de 2000, o *Bund* e as quatro principais companhias de geração de energia elétrica do país assinaram uma proposta de acordo, com o intuito de restringir a utilização futura de centrais nucleares, garantindo, no entanto, a operação ininterrupta de tais plantas e disposição de rejeitos produzidos das mesmas, enquanto padrões elevados de segurança são mantidos e as exigências da legislação nuclear alemã são atendidas. Neste sentido, a Alemanha não mais utilizará da energia nuclear para a produção de energia elétrica até meados de 2020

(NLB, 2000b). Esta proposta também estabeleceu requisitos em relação a armazenamento provisório, reprocessamento e transporte de rejeitos radioativos que devem respeitar altos padrões de segurança. Ainda, o governo se comprometeu a elaborar um projeto de lei que modificaria novamente a *Atomgesetz* de 1959 para introduzir disposições que visariam proibir a construção de novas usinas nucleares e prever a criação obrigatória e uso de instalações de armazenamento de rejeitos localizadas nas proximidades de usinas nucleares (NLB, 2000b).

Somente em 11 de Junho de 2001, o *Bund* e empresas geradoras de eletricidade assinaram um acordo definitivo sobre o término gradual do uso da energia nuclear. Este acordo formalizou os termos entre as empresas e o *Bund* em 14 de Junho de 2000, confirmando a proibição da construção de novas usinas nucleares e a limitação de 32 anos do tempo de vida médio para as 19 usinas nucleares alemãs já existentes, destacando também a proibição desde 1º de Julho de 2005 do reprocessamento de rejeitos nucleares e a obrigação de se criar e utilizar as instalações de armazenamento provisório de rejeitos perto das usinas (NLB, 2001b).

Em 27 de abril de 2002, a Lei sobre o término estruturado da energia nuclear para a produção comercial de eletricidade entrou em vigor. Em suma, esta lei banuiu a expedição de novas licenças para novas usinas nucleares e usinas de reprocessamento. As instalações nucleares que já possuíam tal licença poderão operar por mais 32 anos. Com relação aos rejeitos, a partir de 01 de julho de 2005, a entrega de combustível nuclear irradiado para usinas de reprocessamento tornou-se ilegal.

O operador da usina nuclear deveria construir uma instalação temporária de armazenamento de rejeito para guardar o combustível irradiado nas imediações da usina, até ser enviado a um repositório, neste sentido, reduzindo os fretes até aos repositórios de *Gorleben* and *Ahaus*.

Esta nova lei ainda revogou alterações da *Atomgesetz* de 06 de abril de 1988 e trouxe a possibilidade de expropriação de locais para a construção e operação de repositórios.

Outras instalações nucleares tais como reatores de pesquisa, usinas de fabricação de combustível e urânio e usinas de enriquecimento não foram afetados pela nova legislação (VORWERK, 2002).

A lei de 2002 obrigou o operador nuclear a demonstrar por meio de documentos específicos que tem tomado precauções adequadas com suas tarefas de disposição de rejeitos considerando o tempo de vida útil da usina nuclear onde o combustível irradiado é produzido e também o tempo de vida do combustível reprocessado para novo uso até sua ida definitiva para um repositório.

A lei ainda contemplou um plano nacional de disposição e também um procedimento a ser desenvolvido para a seleção de um local para a disposição final de rejeitos radioativos. A tarefa principal para as autoridades dos *Länder* e do BMU continuou ser a de assegurar que os operadores de usinas nucleares cumpram com um alto padrão de segurança a legislação durante os períodos de funcionamento residual de suas usinas (VORWERK, 2002).

Em 17 de agosto de 2005 entrou em vigor decreto que proibiu alterações de condições do subsolo na formação salina de *Gorleben*, com objetivo de exploração do local para um repositório definitivo de rejeitos. Tal decreto prevalecerá em vigor por 10 anos a partir daquela data (NLB, 2005b).

A fim de garantir a exploração deste local de modo controlado, o decreto estabeleceu uma área de território na região de *Gorleben* a não ser explorada para não prejudicar o local. Isso se aplicou ao subsolo entre 50 e 100 metros abaixo da superfície. Há uma presunção legal de que qualquer alteração realizada na profundidade definida é um impedimento considerável da exploração do local. No caso de desrespeito deste dispositivo, a Lei de Energia Atômica prevê indenização ao proprietário ou usufrutuário do imóvel.

Em 3 de Abril de 2007, após 20 anos de procedimentos do BMU e disputas judiciais entre agricultores e comunidades locais, uma decisão proferida pelo Tribunal Administrativo Federal alemão sentenciou que a antiga mina de minério de ferro de *Konrad*, na região central do país, poderia se tornar o primeiro repositório da Alemanha para a disposição de ILW e LLW (NLB, 2007a).

3.6.3 - Situação atual dos repositórios na Alemanha

A Alemanha atualmente obtém um quarto de sua eletricidade por meio da energia nuclear, usando 17 reatores (WNA, 2010b; SAILER, 2008).

Toda a responsabilidade de construção e operação de qualquer tipo de instalação nuclear é compartilhada entre o Governo Federal e Estadual (WNA, 2010b).

Quando a Alemanha foi reunificada em 1990, todos os reatores projetados na antiga União Soviética que se encontravam em território alemão foram desativados, e estão ainda sofrendo o devido processo de descomissionamento (WNA, 2010b; SAILER, 2008).

Importante reiterar que o BfS é responsável pela construção e operação das instalações de rejeitos nucleares tipo LLW e ILW. Órgãos individuais são responsáveis por reservar fundos para a disposição de rejeitos e o descomissionamento de usinas. Em 2003, cerca de 35 bilhões de euros tinham sido reservados - cerca de 55% para os rejeitos e 45% para o descomissionamento (WNA, 2010b).

Por volta de 2040, a Alemanha possuirá 22 mil toneladas destes dois tipos de rejeitos, que são atualmente alojados em instalações secas de armazenamento provisório nos sítios onde há reator e outros quatro locais: *Ahaus* (oeste da Alemanha), *Jülich* (extremo leste do país), *Greifswald* (extremo nordeste) e *Gorleben* (SAILER, 2008).

Empresas de energia elétrica são responsáveis pelo armazenamento provisório do combustível irradiado e formaram empresas conjuntas para construir e operar instalações de superfície fora do sítio de reatores em *Ahaus* e *Gorleben*. No entanto, a política atual é para o armazenamento temporário junto aos reatores e não ainda pela disposição imediata (WNA, 2010b).

O *Bund* por meio do BfS é responsável pela construção e exploração de repositórios para HLW, mas o progresso neste sentido tem sido dificultado pela oposição dos governos dos *Länder*.

Em conformidade com a *Atomgesetz* a DBE (*Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH* - Sociedade Alemã para a construção e operação de instalações de disposição) (DBE, 2010) é a empresa que está construindo e irá operar projetos de repositório em *Konrad* e *Gorsleben*, sob a supervisão da BfS, enquanto o repositório de *Morsleben* é descomissionado (no centro-leste da Alemanha) (WNA, 2010b).

Outras propostas são para um repositório de HLW em argila opalina, que ocorre em vários locais na Alemanha. Em julho de 2009, novos critérios para

repositórios entraram em vigor, em substituição às regras de 1983. As autoridades podem agora licenciar repositórios de HLW apenas com base em demonstração científica de que os rejeitos serão estáveis no repositório por um milhão de anos (WNA, 2010b).

Gorleben

Atualmente o governo está considerando um possível local para a disposição geológica de HLW. Uma planta-piloto de condicionamento está em operação em *Gorleben*. O local pode estar disponível como um repositório final a partir de 2025, após uma decisão a ser tomada em 2019 pelo governo. Cerca de 1,5 bilhões de euros foram gastos desde 1979 até 2000 para pesquisas sobre o local. Porém, o trabalho foi interrompido devido a manobras políticas, mas, em 2009, o novo governo retomou a escavação (WNA, 2010b).

Todos os rejeitos alemães de alto nível, separados de reprocessamento na França e Grã-Bretanha (SAILER, 2008), deverão ser devolvidos para a Alemanha em 2022 e armazenados em um total de 166 grandes tonéis vitrificados, sendo 39 destes já dispostos em um armazém em *Gorleben*. Há mais de 300 tonéis com vasilhames de rejeitos compactados oriundos de reprocessamento que já poderiam ir imediatamente para um repositório final (WNA, 2010b).

Asse

O repositório da mina de sal de *Asse* (pequena cadeia de montanhas do distrito de *Wolfenbüttele*, no sudeste da Baixa Saxônia, com uma altura média de 200 metros, na região central da Alemanha), licenciado por órgãos federais e estaduais de 1960 a 1970, está atualmente fechado. Ele recebeu rejeitos de 1967 até 1978, se encontra em mau estado e aparenta ter irregularidades em seu processo de licenciamento. Em 2010, o BfS decidiu que os rejeitos deverão ser removidos de lá, e recusou uma alternativa de preenchimento do local com concreto para fornecer uma matriz estável para os 126 mil tambores depositados. Os rejeitos poderão ser transferidos para *Konrad* o mais breve possível (KONRAD, 2010; WNA, 2010b). Devido a instabilidades rochosas causadas pelas atividades de mineração extensa levaram a problemas de estabilidade mecânica. Outro grande problema de segurança em *Asse* é que, desde 1988, 12 metros cúbicos de água salgada entravam na mina diariamente - uma quantidade que poderia alterar-se no futuro.

Não se levando em conta a quantidade, a salmoura recebida nas profundidades será trazida à superfície e assim disposta em uma instalação diferente (SAILER, 2008).

Morsleben

Também denominado *Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben – ERAM* (repositório final de rejeito radioativo de *Morsleben*).

Quando foi tomada a decisão de se dispor todos os rejeitos nucleares alemães em formações geológicas profundas na década de 60, a RFA e a RDA começaram a operar cada uma um tipo de “instalação teste de disposição” para os rejeitos não geradores de calor (SAILER, 2008).

Na RDA, 124 mil contêineres de LLW e cerca de 1.300 de ILW foram dispostos na mina de *Asse*. Da mesma forma, a RDA usou a mina de *Morsleben* para a disposição dos seus rejeitos não-geradores de calor. Ambos estão localizados em um domo de sal de onde foram extraídos sal e cloreto de potássio por décadas (SAILER, 2008).

Antes de 1990, o distrito de *Morsleben* no *Land* de *Sachsen-Anhal* (no centro norte do país), foi o local de armazenamento de rejeitos nucleares em operação na RDA. Após a reunificação, em 1990, *Morsleben* por meio da legislação de transição, foi transferido para o regime de licenciamento da RFA e operado como o único repositório final alemão para LLW e ILW. Em 1998, o armazenamento de novos rejeitos em suas instalações foi interrompido por razões factuais e jurídicas. Discussões para a emissão de uma licença de descomissionamento deste local estão em andamento, mas essa licença não deverá ser emitida antes de 2011 (KÜHNE, 2007).

A figura 15 ilustra o interior do repositório de *Morsleben*



Figura 15. Foto interna do repositório de *Morsleben* (BMU, 2011).

Konrad

Konrad (uma antiga mina de minério de ferro na região central do país) tem sido desenvolvido como um repositório desde 1975 e foi licenciado em 2002 pelo BMU como uma instalação de armazenamento provisório para a disposição de LLW. Porém mas obstáculos legais foram impostos, os quais somente foram ultrapassados em março de 2006 e em abril de 2007 (NLB, 2007a ; SAILER, 2008).

O sítio de disposição de *Konrad* está localizado em uma camada de minério de ferro no *graben* de *Konrad* a uma profundidade de 800 a 1.300 metros. É coberto por várias centenas de metros de argilito e carbonato de cálcio altamente impermeáveis do Cretáceo, que, de acordo com as demonstrações durante o procedimento de licenciamento, é capaz de impedir liberação de radionuclídeos em águas subterrâneas (SAILER, 2008).

A licença de construção de um repositório em *Konrad* foi emitida em janeiro de 2008. O local possui cerca de 300.000 metros cúbicos de rejeitos - 95% do volume de LLW do país, com 1% de radioatividade no total e a DBE planeja acomodar 650 mil metros cúbicos de rejeitos neste local (KONRAD, 2010; WNA, 2010b).

Em meados de 2008, por causa de uma decisão judicial transitada em julgado com sentença favorável ao uso do sítio, um planejamento detalhado está em andamento. A instalação de disposição de *Konrad* está prevista para abrir entre 2013 e 2014, apesar do debate local ainda continuar (SAILER, 2008).

Hoje, na Alemanha, cerca de 100 mil metros cúbicos de LLW e ILW estão devidamente acondicionados e residem em 12 sítios de reatores em instalações de armazenamento provisório. Grandes instalações de armazenamento provisório ficam em *Greifswald*, *Jülich*, *Karlsruhe* (sudoeste do país), *Mitterteich* (ao extremo leste do país) e *Gorleben*, contudo, há também instalações de armazenamento provisório dos estados para rejeitos radioativos não provenientes de reatores. Em 2040, esse número deverá triplicar para 277.400 metros cúbicos (SAILER, 2008).

A usina piloto de reprocessamento conhecida como WAK (*Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft* – Companhia de Usinas de Reprocessamento e Operação de *Karlsruhe*) operada em *Karlsruhe* entre 1971 e 1991, localiza-se no estado de *Baden-Württemberg*, (sudoeste da Alemanha) e processa 206 toneladas de combustível irradiado sendo que o HLW é separado do

combustível e armazenado sob a forma líquida. Apesar de uma série de atrasos políticos, foi decidida a vitrificação deste material entre 2009 até 2012. Os rejeitos vitrificados devem ser armazenados em *Greifswald* (extremo nordeste da Alemanha), enquanto aguarda a disposição final em um repositório geológico. Os LLW e ILW de WAK foram dispostos no repositório-mina de sal em Asse que responde por cerca de metade dos rejeitos nacionais (SAILER, 2008).

Rejeitos de radioatividade muito baixa não precisam ser especialmente tratados se a sua radioatividade é inferior aos níveis autorizados determinados pela Lei de proteção contra a radiação de Berlim (*Berlin's radiation protection ordinance*) e leis esparsas (SAILER, 2008).

A Figura 16 apresenta o mapa da Alemanha com os principais repositórios de rejeitos do país



Figura 16. Localização dos repositórios de rejeitos da Alemanha (BFS, 2011).

3.7 - Estados Unidos da América

A *Atomic Energy Act of 1946* (Lei de Energia Atômica de 1946) foi destinada a manter um rigoroso controle sobre a tecnologia nuclear e direcioná-la somente para fins militares. Ela enfatizou a necessidade de sigilo, disponibilidade de matérias-primas e produção de armas nucleares. Esta lei proibiu o uso da energia atômica pelos particulares ou para fins comerciais e seu uso era restrito apenas ao governo. A Comissão de Energia Atômica dos EUA (USAEC) foi criada para gerenciar os programas atômicos dos EUA naquela época. Esta lei foi emendada em 1954, para o desenvolvimento da energia atômica objetivando fins pacíficos (FORINASH, 2002).

3.7.1 - Regulamentação dos EUA apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978

Segundo Malero (1980), desde o início dos programas de armas de plutônio em 1940, foi reconhecido que subprodutos radioativos desses programas exigiam um gerenciamento cuidadoso. Sendo assim, instalações foram concebidas e construídas para armazenar com segurança HLW, até que um programa para a disposição final pudesse ser desenvolvido pelo governo estadunidense. Materiais de radioatividade baixa foram enterrados em “covas” rasas, com métodos semelhantes aos utilizados para aterro sanitário, mas com um cuidado muito maior.

Trincheiras rasas usadas para aterramento de resíduos e rejeitos militares de baixo nível foram construídas mais ou menos como planejadas, e o mesmo método foi adotado para a disposição de LLW comercial. Nos primeiros dias do programa, alguns rejeitos de baixo nível foram descartados no mar. Em 1960 esta prática foi interrompida pelos EUA (MALARO, 1980).

Foi relatado pelos EUA que o Departamento de Energia dos Estados Unidos (*United States Department of Energy - USDOE*) operava três instalações nucleares: a Usina de *Hanford*, em Washington, a Usina de *Savannah River* na Carolina do Sul e a Estação Nacional de Testes do Reator (*National Reactor Testing Station*), depois denominado Laboratório de Engenharia Nuclear de *Idaho* (*Idaho Nuclear Engineering Laboratory - INEL*), em *Idaho*. Estas instalações produziam plutônio para o programa de armas ou processavam combustível irradiado oriundo de

reatores navais e experimentais. O HLW de reprocessamento foi armazenado em depósitos dessas instalações. Alguns dos rejeitos do INEL foram convertidos para sólidos granulados calcinados e armazenados em recipientes de aço inoxidável alojados em silos de concreto (MALARO, 1980).

Havia um programa financiado pelo Governo Federal projetado para fornecer uma instalação geológica de disposição de HLW. Formações salinas e outras formações geológicas em todos os Estados Unidos continental estavam sendo investigadas e avaliadas. Trabalhos experimentais em um novo conceito de armazenamento de superfície estavam sendo realizados. Esteve ainda em andamento um esforço internacional para determinar se seria prático descartar o HLW no fundo dos oceanos (MALARO, 1980).

Antes de suas funções serem transferidas para o USDOE, a *Energy Research and Development Administration* - ERDA (Administração de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia) (NUCLEAR ENERGY, 2010e; USDOE, 2005) publicou um documento descrevendo as alternativas técnicas para o descarte dos rejeitos comerciais e, com base nisso, o USDOE esteve para publicar um projeto genérico de Relatório de Impacto Ambiental do seu programa de gerenciamento de rejeitos radioativos comerciais (MALARO, 1980).

Além disso, a *Energy Reorganization Act of 1974* (Lei de Reorganização de Energia de 1974), que dividiu a *United States Atomic Energy Commission* - USAEC (Comissão de Energia Atômica, criada em 1946) em ERDA e NRC - *Nuclear Regulatory Commission* (Comissão Regulatória Nuclear) (NUCLEAR ENERGY, 2010e), estabeleceu pela primeira vez, desde uma análise independente de regulamentação do programa federal, regulações para a disposição de HLW e um mecanismo de participação do público no início do processo de tomada de decisões (FORINASH, 2002).

Muitas das agências federais estadunidenses possuem importantes atributos sobre regulamentação, pesquisa e responsabilidades operacionais na área de gerenciamento de resíduos e rejeitos nucleares (FORINASH, 2002).

O USDOE ficou responsável pelo desenvolvimento e operação de um programa para a disposição de todos os HLW. Isso incluiu pesquisas e desenvolvimento necessários para estabelecer este programa. O USDOE também assumiu responsabilidade pelo gerenciamento e disposição final de LLW e HLW produzidos no âmbito dos programas do próprio USDOE (MALARO, 1980).

De acordo com Malaro (1980) a NRC licenciava e regulamentava a utilização da energia nuclear para proteger a saúde e a segurança do público bem como o meio ambiente. Ela atuava emitindo licenças para pessoas e empresas que construíam e operavam reatores nucleares e que possuíam e usavam materiais nucleares. A NRC deveria criar normas e estabelecer padrões para estes tipos de licenças e ainda deve inspecionar cuidadosamente as atividades das pessoas e das empresas licenciadas para garantir que elas não violem as regras de segurança da Comissão.

O objetivo da *United States Environmental Protection Agency* – USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) foi basicamente proteger o meio ambiente na atualidade e também para as gerações futuras, sob a luz de legislações oriundas do Congresso. A missão da USEPA envolveu o controle e fiscalização sobre a poluição do ar e água por rejeitos sólidos, pesticidas, ruído e radiação. Contudo, a USEPA deveria gerir um sistema de combate à estas poluições ambientais, em cooperação com o Estado e governos locais (MALARO, 1980).

Os objetivos gerais do *United States Geological Survey* - USGS (Pesquisa Geológica dos EUA), subordinado ao Ministério do Interior, eram os de realizar sondagens, investigações e pesquisas no território estadunidense para assim classificar o solo, a origem rochosa e ainda sobre recursos hídricos e energéticos, aplicando regulamentos específicos relacionados ao petróleo, gás e mineração. Ela deveria também tratar sobre concessões, autorizações, licenças, contratos de desenvolvimento e de armazenamento de gás, publicando e divulgando dados relativos a todas estas funções. O USGS estava ativamente envolvido em estudos relacionados com a disposição geológica dos rejeitos radioativos (MALARO, 1980).

O *Department of Transport* - DOT (Departamento de Transportes dos EUA) estabeleceu a política de transporte da nação como um todo. Sob sua égide havia sete administrações sendo que uma delas, o Departamento de Transporte de Materiais, foi competente pelo desenvolvimento de planejamento e construção de rodovias e ferrovias, transporte coletivo urbano, questões com a aviação e segurança de hidrovias, portos, rodovias, minerodutos e oleodutos. As decisões proferidas pelo DOT em conjunto com os estados e autoridades locais fortemente afetavam outros programas como o planejamento e uso do solo, conservação de energia, utilização de recursos escassos e de mudança tecnológica (MALARO, 1980).

3.7.1.1 - A competência da NRC para regulamentar os rejeitos radioativos

A NRC tem sido competente para regular matérias relacionadas com rejeitos radioativos por meio de três estatutos: a *Atomic Energy Act of 1954* (Lei de Energia Atômica de 1954), a *National Environmental Policy Act of 1969* - NEPA (Lei Nacional de Política do Meio Ambiente de 1969) e *Energy Reorganization Act of 1974* (Lei de Reorganização da Energia de 1974) (SHAPAR, 1979).

A Lei da Energia Atômica autorizava a antecessora da NRC, a *United States Atomic Energy Commission* – USAEC (Comissão de Energia Atômica dos EUA), a licenciar e regulamentar a posse e o uso da fonte, subproduto e material nuclear especial. A lei não autorizou explicitamente a regulamentação das instalações de rejeitos radioativos. Portanto, a autoridade da NRC para regular rejeitos sob a Lei da Energia Atômica foi derivada de sua autoridade sobre os materiais licenciados herdados da USAEC (MALARO, 1980).

Sob a NEPA, a NRC teria autoridade tácita adicional sobre o gerenciamento de rejeitos nucleares associada às atividades licenciadas. Esta autoridade advinha da análise ambiental exigida nos termos da NEPA, que permitiu que a NRC impusesse condições de licenciamento das atividades de gerenciamento de rejeitos para assim minimizar os impactos ambientais destas atividades (MALARO, 1980).

O licenciamento por parte da NRC para as instalações do USDOE para o armazenamento em longo prazo de HLW produzido pelas atividades da própria USDOE não era necessário. Nos termos do artigo 274 da Lei de Energia Atômica, a NRC poderia, por meio de um acordo formal com cada estado, transferir ao estado autoridade regulatória e de licenciamento. Em conformidade com esses acordos, vários estados membros licenciavam “cemitérios” explorando-os comercialmente para a disposição de LLW. Licenciavam também as instalações de operações de processamento de urânio e instalações descomissionadas (MALARO, 1980).

3.7.1.2 - O Programa de Gerenciamento de Rejeitos da NRC (MALARO, 1980)

Em meados de 1975, a NRC criou um órgão separado de gerenciamento de rejeitos radioativos para coordenar todas as atividades de gerenciamento da NRC. Esforços iniciais tinham sido realizados para: (1) se estabelecer metas de

desempenho objetivas (metas técnicas, sociais, econômicas e ambientais) para o gerenciamento de rejeitos nucleares; (2) desenvolver um quadro regulamentar (regulamentos, normas e instruções) que reflitam essas metas e (3) preparar os processos de licenciamento (e metodologias de avaliação) necessários para avaliar propostas de programas de gerenciamento de rejeitos e as estratégias para a criação destes regulamentos. Os estudos iniciais foram cumpridos e tentativas de regulamentação foram criadas e um programa que permitirá a NRC tomar decisões oportunas sobre licenciamento está em curso.

Para fornecer orientação efetiva ao USDOE e a indústria nuclear, um quadro regulamentar seria estruturado de forma a exigir conformidade com um conjunto fixo de padrões mínimos de desempenho aceitáveis para as atividades de gerenciamento de rejeitos, proporcionando flexibilidade na abordagem tecnológica.

A ideia principal do programa era na área de gerenciamento de HLW, com ênfase em normas e regulamentos adequados para orientar o USDOE no desenvolvimento de um programa de repositório de HLW. No entanto, os esforços estavam também em andamento nas áreas de LLW, mineração de urânio, gases radioativos e descomissionamento de instalações nucleares.

O gerenciamento eficaz de rejeitos não foi apenas um objetivo prioritário da NRC, mas também um objetivo comum de várias agências federais com interesse programático e jurisdicional sobre a questão dos rejeitos.

O programa de gerenciamento de rejeitos da NRC poderia ser entendido com a divisão de áreas gerais: gerenciamento de HLW e LLW.

3.7.1.3 - Programa de rejeitos de alto nível (MALARO, 1980)

Para a disposição final e permanente de HLW solidificado ou de combustível irradiado, a principal opção a ser analisada pelo USDOE foi a disposição deste material em depósitos geológicos profundos utilizando técnicas de mineração normal. Apesar de restarem algumas incertezas sobre a engenharia de repositórios, tais como as limitações térmicas, a potencial interação corrosiva e recuperabilidade, uma análise da tecnologia disponível levou à conclusão de que era tecnicamente possível que um repositório pudesse ser construído com sucesso em um meio geológico na próxima década (anos 80). Esforços para a regulamentação por parte

da NRC estariam direcionados a fornecer orientações específicas aos repositórios geológicos profundos que iriam abordar:

- Classificação de Rejeitos que deveriam ser colocados em um repositório para HLW;
- Critérios sobre a forma física e química dos rejeitos;
- Critérios que constituam um local aceitável para um repositório;
- Critérios sobre restrições e operações de um repositório;
- Critérios de descomissionamento de um repositório; e
- Critérios sobre o nível de contenção radiológica que um sistema de repositório deve fornecer.

O licenciamento e outros procedimentos administrativos deveriam ser desenvolvidos para tratar não só das etapas que a NRC e o USDOE teriam de cumprir na proposição, construção e licenciamento de um repositório, mas também tratariam sobre a participação completa dos estados em processos de licenciamento da NRC.

3.7.1.4 - Programas de rejeitos de nível baixo

Nas palavras de Malaro (1980) à época, o LLW proveniente do ciclo do combustível nuclear comercial e de outras atividades que utilizam material radioativo (por exemplo: hospitais e universidades) eram dispostos em enterramento raso no solo comum operados por empresas comerciais.

O terreno deveria pertencer ao Governo Federal ou Governo do estado. Havia seis instalações comerciais de enterramento raso, com apenas três em operação: *Barnwell*, na Carolina do Sul, *Beatty*, no estado de Nevada, e *Hanford*, em Washington. As demais estavam localizadas em *West Valley*, Nova Iorque que foi fechada pelo operador, em *Maxey Flats*, no *Kentucky* que foi fechada para estudo, e a de *Sheffield*, em *Illinois* que estava em processo de licenciamento (MALARO, 1980).

A regulamentação para LLW deveria abordar:

- Critérios sobre a forma física e química dos rejeitos;
- Critérios de seleção do local;
- Critérios do projeto e operação,

- Critérios de monitoramento do local;
- Critérios de descomissionamento,
- Critérios de manutenção pós-operacional e
- O financiamento e outras exigências institucionais.

Além disso, a NRC havia realizado uma avaliação aprofundada sobre os aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociopolíticos de alternativas de engenharia para o enterramento raso, como a disposição via enterramento em profundidade intermediária no oceano e disposição em cavidades de minas (MALARO, 1980).

Na área de gerenciamento de rejeito de minas, o problema era a alta concentração de rádio danosa à saúde humana bem como nas enormes quantidades de rejeitos. Embora a NRC não tinha autoridade direta para regulamentar estes rejeitos, ela estava buscando essa autoridade e o Congresso elaboraria uma legislação que iria expandir esta competência em favor da NRC nesta área(MALARO, 1980).

A natureza do risco ao público de rejeitos de mina foi considerada bem baixa e não foi conhecida com precisão. A NRC está investigando métodos aperfeiçoados para a estabilização de rejeitos e regulamentos para melhorar o controle operacional de longo prazo. Um relatório de impacto ambiental genérico sobre o tratamento de urânio estava em andamento na época. Entretanto, a NRC exigia que cada requerente de uma licença ou renovação de licença para operar usinas de beneficiamento de urânio desenvolvesse um plano de gerenciamento e recuperação de rejeitos cumprindo metas de licenciamento da NRC(MALARO, 1980).

3.7.2- Marcos regulatórios e legislativos dos EUA sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos

Em 1967, os EUA, no âmbito da energia nuclear, fizeram menção sobre a disposição de rejeitos, introduzindo no *Code of Federal Regulations* - CFR (Código de Regulamentos Federais) alterações prevendo a manutenção de registros da recepção, inventário, alienação, aquisição, importação, exportação e transferência de material nuclear “especial”. Estas alterações foram feitas para adequação com a

legislação aprovada em 1964, que autorizou a propriedade privada de tais materiais (NLB, 1968)

Em agosto de 1969, os EUA publicam no *Nuclear Industry* (uma publicação mensal do *Atomic Industrial Forum of the United States*) padrões sobre o regime de determinadas instalações nucleares, isto é, projetos de leis sobre o estabelecimento de usinas nucleares e proteção ambiental (NLB, 1969).

Em suma, a implantação de novos projetos de usinas e de proteção ambiental foi apresentada ao Congresso dos EUA, com o intuito de se lidar de maneiras diferentes com os conflitos no sentido de que de um lado há a urgente necessidade do país em construir novas instalações nucleares e de outro a necessidade de proteção do meio ambiente (NLB, 1969).

Estas duas propostas legislativas não conseguiram ser aprovadas, pois, forneciam diferentes soluções para o mesmo problema, tentando resolver a nível regional as várias questões relativas à implantação de usinas de energia nuclear e prevendo mecanismos de coordenação das responsabilidades dos governos federal, estadual e agências locais em matéria de proteção ambiental (NLB, 1969).

Em aproveitamento à questão ambiental, a USAEC criou uma Comissão Recursal de Segurança e Licenciamento Atômico que reconsiderava as decisões iniciais no processo de determinados licenciamentos nucleares (NLB, 1969).

Em prosseguimento ao trabalho, a USAEC publicou, para comentários, alterações propostas para a regulamentação de licenciamento de reatores, cujas alterações proporcionaram critérios adicionais para os programas de garantia de qualidade na construção e operação de usinas nucleares (NLB, 1969). Comentários foram solicitados sobre a política proposta relativa à implantação de usinas de reprocessamento de combustível comercial e a disposição de HLW líquido gerado nessas usinas. Estas instalações recuperavam uma considerável quantidade de combustível não utilizado proveniente de elementos de combustível nuclear removido de reatores. Esses elementos também continham produtos radioativos de fissão que emergiam de reprocessamento de rejeitos líquidos ou sólidos (NLB, 1969).

A política proposta pela USAEC ainda declarou que as considerações de saúde e segurança pública não deviam exigir que as usinas e instalações para o armazenamento provisório de HLW devessem estar localizadas em terrenos controlados pelo Governo Federal, podendo estar em propriedades privadas.

Considerou ainda que o HLW deveria ser convertido em uma forma sólida devidamente aprovada pela USAEC e daí então enviado o mais breve possível a um repositório federal de rejeitos. Todavia, a indústria deveria pagar ao Governo Federal uma taxa destinada a cobrir todos os custos de disposição e vigilância perpétua do material (NLB, 1969).

A USAEC demonstrou interesse em publicar normas que iriam propor a forma sólida para a transferência de rejeitos radioativos para o repositório federal. A opção pela forma sólida daria garantia suficiente de que não haveria liberação significativa de radioatividade para o meio ambiente o que poderia ocorrer em caso de acidente durante o transporte (NLB, 1969).

Em 02 de abril de 1970, a USAEC aprovou uma política geral na implementação da NEPA sobre o licenciamento de usinas nucleares e usinas em que o combustível de processamento é descartado de reatores nucleares. Entre os assuntos destacaram-se que os requerimentos de licenças para a construção e operação de usinas nucleares e fábricas de processamento do combustível seriam enviados pela USAEC para a apreciação de agências federais que detinham competência legal ou conhecimentos específicos sobre o impacto ambiental destas usinas (NLB, 1970).

Em 20 de dezembro de 1974, o Ministério Federal para a Pesquisa e Tecnologia da República Federal da Alemanha e a USAEC concluíram um intercâmbio técnico e cooperativo no campo do gerenciamento dos rejeitos radioativos. O acordo abrangeu amplas áreas de desenvolvimento tecnológico no tratamento, manipulação e armazenamento de rejeitos radioativos resultantes de operações nucleares nos respectivos países. As partes acordaram em disponibilizar uma à outra, informações sobre as seguintes áreas técnicas:

- Disposição de rejeitos radioativos em formações salinas;
- Instalações para armazenamento recuperável de superfície;
- Investigação e desenvolvimento de gerenciamento de rejeitos;
- Rejeitos de descomissionamento das instalações nucleares;
- Aspectos operacionais de armazenamento ou disposição de LLW e ILW; e
- Transporte de rejeitos.

O acordo foi celebrado por um período de cinco anos, podendo ser prorrogado por acordo mútuo (NLB, 1975a).

Em 04 de agosto de 1977, foi aprovada a *Department of Energy Organization Act* que criou o novo *United States Department of Energy* (USDOE), que absorveu as funções da *Federal Energy Administration* - FEA (Administração Federal de Energia), funções da *Energy Research and Development Administration* - ERDA (Administração do Desenvolvimento e Pesquisa de Energia) e da *Federal Power Commission* - FPC (Comissão Federal de Energia). Assim, o USDOE tornou-se responsável pelo gerenciamento de rejeitos nucleares, dentre outras funções, sendo que NRC continuou com a função regulatória e de licenciamento (NLB, 1977b).

Em 08 de novembro de 1978, foi promulgada a *Uranium Mill Tailings Radiation Control Act of 1978* (Lei sobre controle de rejeitos de usinas de beneficiamento de urânio), cujo propósito foi autorizar o *Federal Secretary of Energy* (Secretário Federal de Energia), a celebrar acordos de cooperação mútua com certos estados do país sobre sítios existentes de materiais radioativos e ainda regular os rejeitos de usinas de mineração e beneficiamento de urânio nos termos da Lei de Energia Atômica de 1954 (NLB, 1979a).

Os radionuclídeos contidos neste tipo de rejeito podem se tornar uma fonte radioativa de nível baixo à população local. O gerenciamento e estabilização de rejeitos provenientes do beneficiamento do minério de urânio foi uma questão polêmica desde meados dos anos 50 nos EUA. As preocupações maiores foram sobre o risco ao público e medidas a serem tomadas para mitigar o perigo (NLB, 1979a).

A legislação estadunidense sobre a proteção contra à radiação é baseada nas recomendações da *International Commission on Radiological Protection* - ICRP (Comissão Internacional sobre Proteção Radiológica). Estas recomendações são baseadas no conceito ALARA (*As Low As Reasonable Achievable* ou tão baixo quanto razoavelmente possível) no sentido de que qualquer exposição à radiação oriunda de rejeitos de beneficiamento de urânio deve ser justificada, mesmo ela sendo baixa (NLB, 1979a).

A Lei de Energia Atômica de 1954 foi alterada por esta Lei de 1978, considerando os rejeitos do beneficiamento de urânio e impondo medidas de remediação em áreas contaminadas com LLW. Com relação ao HLW, os EUA até 1978 eram aconselhados pelo *Interagency Review Group* (IRG) que preparava relatórios ao presidente da República com o intuito de recomendar e implementar o processo de tomada de decisão geral sobre os rejeitos nucleares dos EUA, sendo

que a NRC juntamente com o USDOE conduziam estudos e preparavam relatórios ao Congresso sobre políticas e programas de gerenciamento de rejeitos nucleares. Neste sentido, o IRG juntamente com a NRC estavam dispostos a desenvolver uma política definitiva de administração sobre o gerenciamento de rejeitos radioativos (SHAPAR, 1979).

Até o final dos anos 70, os EUA não tinham em sua legislação disposições específicas, relacionadas com o HLW, sendo que a NRC, com base na saúde pública e segurança, estava desenvolvendo uma estrutura regulatória de licenciamento para os repositórios geológicos que dependiam de aprovação do Congresso, do desenvolvimento completo de um programa do USDOE e ainda de soluções técnicas para os repositórios geológicos que até então não existiam no país (NLB, 1979a).

Não havia também legislação específica sobre as competências de autoridade regulatória e de licenciamento da NRC e como ela interagiria com as instalações de disposição final de rejeitos radioativos do USDOE. Os EUA também careciam de coordenação de responsabilidades da NRC, USDOE, USEPA e os estados com relação ao gerenciamento de rejeitos (SHAPAR, 1979).

Sabia-se que a responsabilidade da NRC era de licenciamento, observando se o rejeito seria de alto ou de baixo nível ou ainda transurânico, bem como identificar: se ele era proveniente de algum setor de armazenamento ou disposição do USDOE; se a origem seria comercial ou militar; se a duração do armazenamento seria de curto ou longo prazo; se o resíduo estaria sendo armazenado ou “descartado” e ainda se o armazenamento do rejeito era parte de atividades de pesquisa e desenvolvimento do USDOE (SHAPAR, 1979).

Pelo menos três agências federais (USDOE, USEPA e NRC) tinham algumas responsabilidades para o armazenamento e disposição dos resíduos e rejeitos radioativos. Duas outras Agências Federais tinham algum envolvimento com estas responsabilidades, como o DOT e o USGS. Alguns estados e municípios demonstraram interesse em regular locais de disposição de rejeitos na esfera de suas competências e responsabilidades (SHAPAR, 1979) como, por exemplo, alguns estados podiam regulamentar locais comerciais de enterramento de LLW (NLB, 1979a).

Como mencionado anteriormente, a competência de autoridade regulatória e de licenciamento da NRC provém de três estatutos: a *Atomic Energy Act of 1954*,

National Environmental Policy Act e a *Energy Reorganization Act of 1974* (SHAPAR, 1979).

Neste entendimento, a *Atomic Energy Act* autorizou a predecessora da NRC, a USAEC, a licenciar e regular a posse e uso de fontes, subprodutos e materiais nucleares especiais (SHAPAR, 1979; IAEA, 1980). A Lei de Energia Atômica, com emendas, deu à NRC autoridade de regulação sobre instalações de rejeitos nucleares, a qual não era feito de modo expresso pela USAEC.

Diante de conflitos legais notou-se que o USDOE restou isento da autoridade de licenciamento da NRC, salvo disposição legal em contrário. Mas, no artigo 202 da Lei de Reorganização de Energia, havia previsão legal da autoridade expressa para a NRC licenciar instalações de rejeitos do USDOE (SHAPAR, 1979).

Em melhor análise, o artigo 220 previu que, pelo licenciamento da NRC, para as instalações do USDOE, ficou autorizado o armazenamento por longo tempo de HLW gerado pela atividade do USDOE. As instalações de disposição do final da década de 70 do USDOE ficaram isentas do licenciamento da NRC desde que não tenham sido expressamente autorizadas pelo Congresso para o armazenamento de longo prazo. Ainda, o armazenamento de longo prazo e a disposição de HLW gerado pelo USDOE em uma instalação de pesquisa ou desenvolvimento não necessitava de licença da NRC (SHAPAR, 1979).

Shapar (1979) salienta que o USDOE deveria obter a licença da NRC somente no caso de recebimento de HLW para armazenamento, esta resultante de atividades licenciadas pela NRC como, por exemplo, HLW dos EUA e as provenientes de usinas nucleares e do exterior que entrarem no país sob uma licença de importação da NRC, ou ainda rejeitos gerados de combustível nuclear exportado dos EUA sob a licença de exportação da NRC. Também instalações construídas e operadas pelo setor privado para armazenamento de combustível nuclear irradiado devem obter licença junto à NRC.

Ele esclarece que rejeitos de beneficiamento de urânio pertenceriam ao USDOE e poderiam ser licenciados pela NRC sob os termos da Lei de Controle de Rejeitos de Beneficiamento de Urânio de 1978.

No final de 1977, o USDOE anunciou ao governo dos EUA planos para a construção de uma instalação para o armazenamento comercial de combustível irradiado de reatores nucleares. Tal local de armazenamento foi chamado de “sítio distante do reator”.

O USDOE informou à NRC sua intenção de obter uma licença para uma usina piloto de isolamento de resíduo (*Waste Isolation Pilot Plant - "WIPP" facility*), com a possibilidade de sua localização nas proximidades da cidade de *Carlsbad*, no sudeste do estado do Novo México. Neste caso, isto seria a primeira vez que a NRC licenciaria uma instalação de rejeitos do USDOE, mas restaram dúvidas legislativas com relação à necessidade desta licença por parte da NRC (SHAPAR, 1979).

Em suma, pelo *Energy Reorganization Act of 1974*, a NRC deveria licenciar as seguintes atividades de gerenciamento de rejeitos:

- Disposição ou armazenamento de resíduo de alto nível oriundo de atividades comerciais devidamente licenciadas;
- Armazenamento de longo prazo e disposição de HLW de atividades do USDOE, exceto instalações de atividades de pesquisa e desenvolvimento;
- Armazenamento comercial e disposição de rejeitos transurânicos e de LLW, exceto os vindos de acordos entre os estados;
- Armazenamento comercial de combustível irradiado;
- Gerenciamento e disposição de rejeitos gerados de sítios de beneficiamento de urânio; e
- Ações de remediação do USDOE em sítios de beneficiamento inativos sob os termos da lei de Controle de Radiação de Rejeitos (SHAPAR, 1979).

No final dos anos 70, surgiram diversas discussões no âmbito legal sobre a extensão dos poderes de licenciamento da NRC sobre atos do USDOE e do *Department of Defense - DOD* (Ministério da Defesa) causadas sobre a questão ambiental dos sítios que deveria ainda ser considerada pela USEPA (SHAPAR, 1979).

Shapar (1979) exemplificou os tipos de rejeitos radioativos a serem considerados pela legislação estadunidense como: HLW, transurânicos, LLW, rejeitos de minas e de beneficiamento de urânio, sendo que os dois primeiros deveriam ser dispostos em repositórios geológicos.

Em 25 de outubro de 1978, houve uma proposta à NRC para desenvolver um programa regulatório específico sobre o gerenciamento de LLW com divisão de responsabilidades entre o Governo Federal, os estados e o setor privado, sendo que a disposição de LLW deveria ser o enterramento raso deste material no início do ano de 1980 até 1983 (SHAPAR, 1979).

Todavia, para o HLW, a NRC entendeu que devido a sua autoridade preconizada pela Lei de Energia Atômica, ela poderia adotar um processo de licenciamento de duas fases, semelhante ao utilizado no licenciamento de reatores, sendo que este seria ideal no caso de repositórios geológicos de HLW, principalmente para as instalações do USDOE. Em resumo, os procedimentos seriam a licença de construção da instalação e licença de operação do repositório (SHAPAR, 1979).

Em 30 de julho de 1979 o *Council on Environmental Quality* – CEQ (Conselho de Qualidade Ambiental) - publicou diretrizes implementando as funções da NEPA, mas o USDOE até então tinha sido a agência competente para elaborar um relatório de impacto ambiental para um repositório geológico, sendo que a NRC apenas poderia licenciar a instalação, sem poder participar da seleção do sítio juntamente com o USDOE (SHAPAR, 1979).

A política sugerida contemplou os seguintes passos para o poço do repositório:

- Análise do USDOE sobre a escolha do sítio;
- Análise sobre o desenvolvimento do repositório;
- Licenciamento do repositório; e
- Fechamento do repositório.

Com relação aos rejeitos de minas e beneficiamento de urânio, os estados em conjunto com a NRC deveriam se orientar no sentido de legislar sobre a proteção do público e segurança, sendo que os estados deveriam impor normas mais rígidas que a NRC, de acordo com a Lei de Energia Atômica de 1954.

Em 12 de fevereiro de 1980, o Presidente dos EUA emitiu uma ordem executiva criando o *State Planning Council on Radioactive Waste Management* - SPCRWM (Conselho de Planejamento do Estado sobre Gestão de Rejeitos Radioativos), cujo propósito foi de aconselhar o Presidente e o Secretário de Energia sobre o gerenciamento de rejeitos incluindo o gerenciamento temporário de rejeitos de combustível irradiado (NLB, 1980b).

O Conselho foi formado por 18 membros sendo que quatro seriam indicados pelo Presidente e quatro são chefes do Departamento do Interior, Transporte, Energia e da Agência de Proteção Ambiental. O presidente da NRC seria convidado a participar e outros membros de departamentos/ministérios dos EUA devem ser inseridos na medida em que assuntos afetem suas competências (NLB, 1980b).

Dentre outras funções, destacou-se que o Conselho deveria orientar sobre todos os aspectos da construção de instalações de armazenamento e disposição de rejeitos e aconselhar sobre a função apropriada dos estados e administrações locais no processo de licenciamento de repositórios de rejeitos.

A criação do Conselho foi idealizada pelo Presidente da IRG sobre o gerenciamento de rejeitos radioativos. O objetivo do programa de gerenciamento foi a disposição de todos os tipos de rejeitos de uma forma que não constituísse qualquer ameaça à saúde ou para o bem-estar humano, e foi baseado no princípio de que os estados devem estar envolvidos na coordenação e consulta, mas que em última instância, repositórios deveriam continuar a ser uma responsabilidade do Governo Federal (NLB, 1980b).

Em 23 de dezembro de 1980, foi publicada a *Low-Level Radioactive Waste Policy Act of 1980* (Lei sobre Políticas de Rejeitos Radioativos de Baixo Nível), que, em suma, estabeleceu uma política federal de que cada estado seria responsável por garantir capacidade de seu território para a disposição de LLW gerado dentro ou fora de suas fronteiras e que estes rejeitos deveriam ser gerenciados de maneira eficiente numa base regional. A lei autorizou os estados procederem o estabelecimento e operação de instalações regionais de LLW nos termos dos requisitos estabelecidos pela NRC (NLB, 1981a).

Em 07 de janeiro de 1983, o Congresso dos EUA aprovou a *Nuclear Waste Policy Act of 1982 – NWPA* (Lei de Política sobre Rejeito Nuclear de 1982). A lei estabeleceu a responsabilidade do Governo Federal para a disposição permanente de HLW e combustível irradiado e ainda autorizou o USDOE a construir um repositório para a disposição final de rejeitos. A lei exigiu que o repositório estivesse pronto para receber HLW e combustível irradiado para 31 de janeiro de 1998 (NLB, 1983a; FORINASH, 2002).

Estados e tribos indígenas afetados pelo repositório teriam o direito de participação no processo de seleção do local do repositório e de discordar das decisões de localização. Esta desaprovação poderia ser solucionada por uma deliberação conjunta das duas casas do Congresso estadunidense (NLB, 1983a).

Em 21 de junho de 1983, a NRC publicou uma regulamentação conclusiva contendo critérios técnicos para a disposição de HLW em repositórios geológicos, como exigido pela NWPA. A norma estabeleceu requisitos para a localização, concepção e desempenho de um repositório geológico e para o embalado de

rejeitos dentro do repositório, e exigiu o uso do método de multibarreiras para proteger o meio ambiente e estar em conformidade com solicitação da USEPA (NLB, 1983b).

As referidas barreiras deveriam estar aptas a perdurar para conter radionuclídeos por um período de no mínimo mil anos de acordo com a NRC e os rejeitos deveriam ser colocados no repositório, devendo ser recuperáveis durante um período suficiente para confirmar o desempenho do repositório (NLB, 1983b).

Vale mencionar que a NWPA estabeleceu que os produtores de rejeitos deveriam pagar para um *Nuclear Waste Fund* - “fundo financeiro de rejeito nuclear” - para arcar com os custos de execução da disposição de rejeitos. Esta lei também deixou nas mãos do Governo Federal a responsabilidade pela disposição de combustível irradiado e HLW, mas, posteriormente, o Congresso reconheceu a possibilidade da iniciativa privada oferecer sugestão para a disposição deste material. Porém o grande entrave foi encontrar comunidades candidatas para aceitar hospedar este tipo de instalação nuclear (ANGELINI, 1997).

Em fevereiro de 1983, por força da NWPA e estudos geológicos, nove locais potencialmente candidatos a repositório foram escolhidos nos estados de *Louisiana*, *Mississippi*, *Nevada*, *Texas*, *Utah* e *Washington*. Também foram cumpridas exigências legais como a notificação dos governadores, tribos indígenas da região e a NRC. Em 20 de dezembro de 1984, foi proposto um projeto de impacto ambiental nos nove locais dos seis estados, projetos estes que ficaram à disposição para comentários do público por 90 dias por meio de audiências públicas. Os sítios seriam escolhidos até agosto de 1985, sendo que os locais escolhidos e aprovados pelo então presidente Ronald Reagan foram as cidades de *Hanford* ao centro-sul no estado de *Washington*; o condado de *Deaf Smith*, ao noroeste no *Texas*; e a Montanha *Yucca* na cidade de *Nye*, ao sul no estado de *Nevada* (NLB, 1985a; ANGELINI, 1997).

Consoante ao NWPA, a USEPA, em 1985, emitiu normas de segurança para os rejeitos tipo combustível nuclear e de alto nível. Nos termos do Código de Regulamentos Federais dos EUA, a USEPA decidiu incluir os rejeitos transurânicos, pois, eles têm meia-vida longa e representam um perigo potencial e exigem os mesmos controles dos HLW, sendo que eles devem também ser dispostos em repositórios geológicos (FORINASH, 2002).

Em 15 de janeiro de 1986, o presidente dos EUA aprovou emendas à *Low-Level Radioactive Waste Policy Act of 1985*, assim, houve a substituição do *Low-Level Radioactive Waste Policy Act of 1980*. Esta nova norma dividiu a responsabilidade de disposição de LLW entre os Estados e o Governo Federal (NLB, 1986a).

Em 22 de dezembro de 1987, pela lei pública n.º 100-203, o Congresso emendou a NWPA, determinando que USDOE iniciasse a caracterização da montanha *Yucca*, no estado de Nevada (com a exclusão dos outros locais dos seis estados descritos anteriormente), como um local para o primeiro repositório permanente de HLW e combustível nuclear irradiado. O USDOE ficou autorizado a localizar e construir, sujeitos aos requisitos de licenciamento, um repositório geológico profundo nuclear apenas na montanha *Yucca* (Figuras 17 e 18). Após a caracterização do local, se o local for considerado inadequado a ser um repositório, o USDOE deve encerrar suas atividades e apresentar um relatório ao Congresso (NLB, 1988a).

Por força desta lei de 1987, e requisitos da NWPA para aplicação da Lei Nacional de Política Ambiental (NEPA), a NRC deveria requisitar a Avaliação de Impacto Ambiental do USDOE e, ainda, os governos locais e do estado poderiam inspecionar o sítio do repositório e deveriam ter auxílio financeiro oriundo do *Nuclear Waste Fund* (NLB, 1988a).

O estado e cidades locais afetados teriam principalmente como benefício a assistência financeira e verbas nos valores de impostos arrecadados para os governos locais afetados. Importante salientar que o USDOE ficou autorizado a realizar pagamentos para o estado de Nevada no importe de 10 milhões de dólares ao ano desde a assinatura do acordo de construção de repositório com perduração até que este comece a receber rejeitos; e 20 milhões de dólares a partir do primeiro recebimento de rejeito do repositório até o encerramento de suas atividades. Esclarece-se que o estado de Nevada poderia se opor à construção do repositório e assim o fez (NLB, 1988a).

Para a construção de um segundo repositório no país, a NWPA não exigiu novas solicitações burocráticas, cabendo apenas ao USDOE relatar ao Presidente e ao Congresso a necessidade de uma segunda instalação entre o ano de 2007 e 2010 quando do término de pesquisas em meio granítico para a construção de um novo repositório em outro estado da nação (NLB, 1988a).

A lei de 1987 criou condicionamento à construção e operação do repositório, devendo haver uma instalação de armazenamento de rejeitos recuperáveis, tudo contido num processo de licenciamento estabelecido pela NRC. A instalação de armazenamento não poderia ter sua construção iniciada até que uma licença para a construção de um repositório seja emitida pela NRC, bem como a quantidade de rejeitos nucleares armazenados na instalação de armazenamento não poderia exceder a 10 mil toneladas até o repositório permanente começar a aceitar os rejeitos (NLB, 1988a).

Em 24 de outubro de 1992, alterações sobre a NRC foram regulamentadas e foi publicada a *Energy Policy Act of 1992* - EnPA - (Lei de Política Energética de 1992) que determinou algumas alterações em itens do campo nuclear. Porém, com relação ao HLW, ficou estabelecido que a USEPA deveria assinar um acordo com a *National Academy of Sciences* (NAS) para esta fornecer estudos, conclusões e recomendações ao USEPA até final de 1993, com cunho científico, sobre questões ambientais para a idealização do repositório de *Yucca*. As conclusões deveriam versar sobre: doses de radiação e saúde de membros do público a partir de possíveis liberações radioativas para o meio ambiente; a possibilidade de um sistema de fiscalização pós-encerramento do repositório, com controles institucionais ativos, para se evitar o risco de que o conteúdo do repositório ultrapasse as barreiras artificiais e geológicas e risco de exposição de membros do público à radiação acima do permitido em lei; se seria possível fazer previsões científicas da probabilidade da violação do repositório em suas barreiras de engenharia ou geológicas por meio da invasão humana em um período de 10.000 anos (NLB, 1993a).

Em 1992, o Congresso aprovou a construção de uma *Waste Isolation Pilot Plant* - WIPP (Planta Piloto de Isolamento de Rejeitos), pela *Waste Isolation Pilot Plant Land Withdrawal Act of 1992* - WIPP LWA – (“Lei de Remoção de Terra de Planta Piloto de Isolamento de Rejeitos), cuja implementação coube ao USDOE no estado do Novo México (Figura 19) somente para a disposição de rejeitos transurânicos oriundos de programas militares de defesa militar dos EUA (FORINASH, 2002).

FORINASH (2002) diz que enquanto o *WIPP LWA* resolveu a regulação referente à disposição de rejeitos transurânicos de programas de defesa, tal lei não clarificou as normas existentes de disposição de rejeitos do USEPA para a

Montanha *Yucca*, deixando uma lacuna na regulação do HLW e do combustível irradiado, somente solucionado pela EnPA.



Figura 17. Foto da entrada Norte do repositório de Yucca datada de 25 de março de 2002, crédito de Daniel Mayer (ALLGOV, 2010).



Figura 18. Foto da Tuneladora¹⁶ utilizada para a escavação da montanha *Yucca* (THELIVINGMOON, 2001).

Em 13 de Junho de 2001, a EnPA impôs requisitos à USEPA para desenvolver padrões de radiação para a montanha *Yucca*, baseados em recomendações da NAS, concluídas desde 1995, que resultaram na publicação do

¹⁶ A tuneladora é conhecida no Brasil como "tatuzão" e/ou "megatatzão". Do inglês *Tunnel boring Machines* – TBM.

Public Health and Environmental Radiation Protection Standards for Yucca Mountain" (NLB, 2001b).

Assim, há dois grupos de normas de disposição de HLW e combustível irradiado e elementos transurânicos, os quais devem seguir padrões da WIPP e padrões especiais da USEPA para a Montanha *Yucca*. (FORINASH, 2002).

Padrões de segurança para o WIPP e a montanha *Yucca* tem algumas diferenças como por exemplo: 1) a montanha *Yucca* é um repositório geológico profundo claramente destinado a conter (em vez de diluir) rejeitos; não foi prevista a intrusão humana por um período de 10 mil anos, mas isto foi repensado bem como as liberações de radionuclídeos a longo prazo em águas subterrâneas. 2) Na WIPP, a intrusão humana foi prevista conforme normas de segurança e ainda liberações imediatas no meio ambiente ao se acessar aberturas na superfície foram previstas, mas com o devido monitoramento destas liberações de radioatividade por autoridades e estabelecidas em lei.

Sob a EnPA, o USDOE manteve seu papel como desenvolvedor, operador e responsável direto do repositório da Montanha *Yucca*. O papel da NRC foi solidificado como autoridade de supervisão e licenciamento, com ênfase na responsabilidade de conduzir o seu papel em conjunto com as normas de segurança da USEPA (FORINASH, 2002).

Segundo ANGELINI (1997), até o ano de 1997 por impasses políticos, protestos da população do estado de Nevada, financiamentos, modo de transporte dos rejeitos e questões técnicas não solucionadas sobre a viabilidade local careciam de decisão fundamental sobre um repositório na montanha *Yucca* já que o prazo para o recebimento de rejeitos expiraria em 31 de janeiro de 1998.

Como o WIPP continua a operação, o USDOE tem procurado o licenciamento da instalação Montanha *Yucca*. É possível que medidas legislativas futuras irão influenciar na disposição de rejeitos. De fato, o Congresso dos EUA têm considerado estatutos que exigem análises adicionais dos riscos de terrorismo, particularmente relacionadas com o transporte dos resíduos, antes que qualquer recomendação possa ser feita sobre a adequação da Montanha *Yucca* como um repositório. A interação entre as responsabilidades legislativas e regulamentares continuarão a afetar a formulação de políticas nos EUA e é de interesse internacional também. Destaca-se que o prazo para o recebimento de rejeitos em *Yucca* de 31 de janeiro de 1998 não foi cumprido (FORINASH, 2002).

Neste cenário, O USDOE esteve envolvido em litígios judiciais relacionados com as suas obrigações contratuais sob a NWPA, que versavam sobre a aceitação do combustível irradiado e HLW provenientes de serviços públicos e reatores em 31 de Janeiro de 1998. Cerca de dez concessionárias entraram com ações judiciais contra o USDOE reclamando oito bilhões de dólares em danos associados com os custos de recuperação provisória que tem arcado enquanto esperam que o USDOE inicie as operações do repositório (NLB, 1999b).



Figura 19. Foto da WIPP perto da cidade de *Carlsbad* ao sudeste no estado do Novo México, EUA, que teve suas operações iniciadas em 26 de março de 1999, recebendo rejeitos transurânicos provenientes de armamentos de defesa dos EUA (EESL, 2006).

De acordo com NWPA e suas alterações, o USDOE teria contrato com 45 concessionárias e estas realizavam pagamentos de tarifas ao *Nuclear Waste Fund*, e por força de lei o USDOE concordou a começar a disposição de combustível irradiado e HLW em 31 de janeiro de 1998, como visto anteriormente. Como o USDOE não possui uma instalação hábil para armazenar temporariamente os rejeitos até o envio definitivo ao repositório de *Yucca*, que ainda não esteve em operação, o USDOE não pode começar a disposição. E devido a isto, várias ações judiciais de concessionárias contra o USDOE, requerendo indenizações por quebra de contrato, acabaram por serem julgadas procedentes e condenaram o governo ao pagamento de valores de até 50 bilhões de dólares por quebra de contrato (NLB, 2006b).

Pela NWPA, não há precisão sobre o tempo de vida de recipientes de embalados com rejeito para assim os manterem isolados do meio ambiente por um determinado período. A recomendação do NAS foi da possibilidade de um isolamento de um milhão de anos (NLB, 2008).

Por sua vez, o USDOE emitiu diretrizes que 300 anos seriam suficientes, mas a USEPA admitiu o suficiente ser de dez mil anos para o isolamento. E após disputas judiciais, a apelação do Estado de Nevada no Tribunal de Apelação do Distrito de Columbia foi julgada procedente, alegando que a USEPA não respeitou uma exigência de desenvolver padrões consistentes com base nas recomendações da NAS. Em 15 de outubro de 2008, por decisão judicial, a USEPA teve de rever suas normas e estender o período de isolamento para um milhão de anos (NLB, 2008).

3.7.3 - Situação atual dos repositórios nos EUA

Os EUA têm duas instalações de disposição de rejeitos radioativos. Ambos são repositórios geológicos profundos que visam à contenção de radionuclídeos de vida longa.

O primeiro é a *Waste Isolation Pilot Plant - WIPP* (Planta Piloto de Isolamento de Rejeitos) localizada em formações salinas perto da cidade de *Carlsbad* ao sudeste no estado do Novo México, que teve suas operações iniciadas em 26 de março de 1999, recebendo rejeitos transurânicos provenientes de armamentos de defesa dos EUA e é o maior repositório geológico profundo do mundo (FORINASH, 2002a; EESL, 2006).

As salas de disposição foram escavadas em uma antiga formação salina, estável a 655 metros abaixo da superfície. Os rejeitos transurânicos, que consistem de roupas, ferramentas, tecidos, restos e outros itens descartáveis contaminados com elementos radioativos, principalmente o plutônio, estão colocados em 55 tambores de aço para disposição permanente (EESL, 2006).

Na Figura 20 consta esquema detalhado da *WIPP* dos EUA.

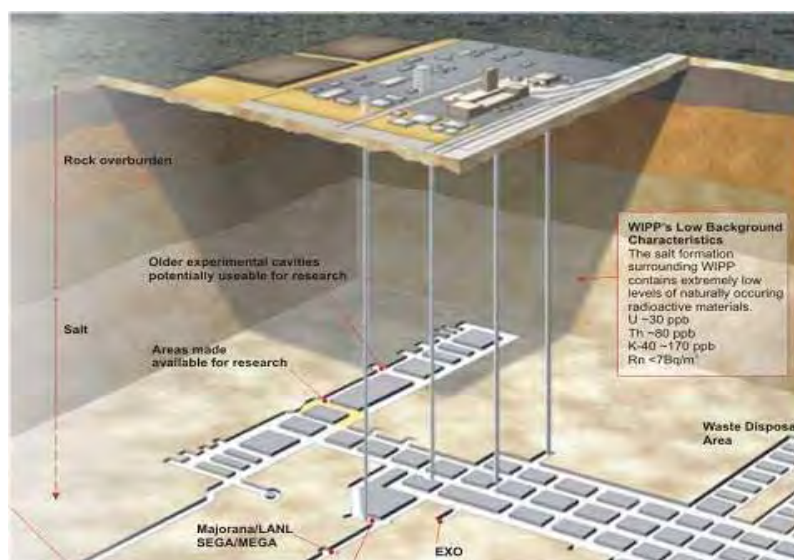


Figura 20. Detalhe da WIPP estadunidense (ENIROLEAKS, 2011).

A segunda é a instalação da Montanha *Yucca* (no estado de Nevada, ao oeste do país), que foi proposta para a disposição de HLW e combustível irradiado de usinas nucleares (FORINASH, 2002a), mas sua operação e financiamento foram suspensos devido a cortes impostos no orçamento do governo da Administração Obama (WNN, 2009).

O governo apenas se reportará aos questionamentos da NRC e esclareceu que precisou compor uma *Blue-Ribbon Commission*¹⁷, em 29 de janeiro de 2010, para reestudar o assunto de repositório na Montanha *Yucca* (BRC, 2010).

As Figuras 21 e 22 ilustram a localização da montanha *Yucca* no estado de Nevada, EUA.

¹⁷ *Blue-Ribbon Commission* (Comissão da fita azul): é um termo informal geralmente utilizado para descrever um grupo de pessoas nomeadas para investigar ou estudar uma determinada questão. O termo geralmente denota um grau de independência de influências políticas ou de autoridades. Seu valor vem de sua capacidade de usar seus conhecimentos para emitir conclusões ou recomendações que possam ser usadas por pessoas com poder de decisão para agir. Esta comissão pode ser composta por cientistas independentes ou acadêmicos sem vínculos diretos com o governo. O termo também denota alta qualidade como o *Cordon Bleu* utilizados pelos cavaleiros da monarquia francesa (BRC, 2010; THEBLUERIBBAND, 2010).



Figura 21. Vista aérea da montanha *Yucca*. A seta indica a instalação na entrada norte do repositório. Coordenadas: $+36^{\circ} 51' 8.37''$, $-116^{\circ} 25' 43.27''$ (GOOGLEMAPS, 2011).



Figura 22. A letra "A" indica posição da instalação do repositório da montanha *Yucca*, no estado de Nevada, EUA, a 159 km da capital do estado *Las Vegas*. Coordenadas: $+36^{\circ} 51' 8.37''$, $-116^{\circ} 25' 43.27''$ (GOOGLEEARTH, 2011).

3.8 - França

Cerca de 75% da eletricidade francesa é oriunda da energia nuclear. A França é o maior exportador de eletricidade do mundo, obtendo um lucro de três bilhões de euros ao ano. Vale destacar que o Reino Unido é o maior consumidor da eletricidade francesa (WNA, 2010d).

A França tem reprocessado combustível irradiado de reatores nucleares desde a introdução da energia nuclear em seu território. O país também reprocessa o combustível irradiado para outros países, mas o rejeito é devolvido ao país de origem por força de lei que proíbe o armazenamento de rejeito estrangeiro em definitivo (WNA, 2010d).

A legislação no campo nuclear fica concentrada no âmbito federal, mas as decisões são tomadas em conjunto com vários ministérios, instituições ambientais, organizações públicas e especialistas técnicos (MACHADO, 2012).

3.8.1 - Regulamentação da França apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978

De acordo com Berges (1980) com relação ao papel e responsabilidade de um órgão regulador e sua ligação com os órgãos executivos, o governo francês entendeu que as instalações destinadas ao processamento e armazenamento de rejeitos radioativos são consideradas "instalações nucleares de base" e, como tal, são reguladas por uma lei de 11 de dezembro de 1963, alterada pela Lei de 27 de março de 1973.

O procedimento de autorização para a criação de instalações nucleares de base era conduzido pelo Ministério da Indústria, que deveria proceder análises de segurança, audiência pública, consulta com outros ministérios interessados e a aprovação do Ministério da Saúde e da Família (BERGES, 1980).

Dentro do Ministério da Indústria, o *Service Central de la Sûreté des Installations Nucléaires* - SCSIN (Serviço Central Segurança de Instalações Nucleares) foi o principal responsável pela realização dos procedimentos de licenciamento de instalações nucleares de base e elaboração de regulamentos técnicos relativos à segurança e fiscalização das instalações (BERGES, 1980).

A lei de 15 de julho de 1975 estabeleceu regras para a eliminação (termo utilizado por Berges, 1980) de rejeitos e recuperação de materiais radioativos, criando uma agência nacional para a recuperação e “eliminação” (SIC) de rejeitos. Já pelo decreto de 04 de agosto de 1975 foi levantada a questão dos rejeitos radioativos e também problemas específicos relevantes à “segurança nuclear”, sendo que por esta lei a ação dos ministros do governo passou a ser coordenada pelo *Comité Interministériel de la Sécurité Nucléaire – CISN* (Comitê Interministerial da Segurança Nuclear). A criação deste comitê não alterou a competência de outros serviços nem das comissões interministeriais, em particular da Comissão Interministerial das Instalações Nucleares de Base (BERGES, 1980).

Pela Portaria de 18 de outubro de 1945, a representação do Governo Federal no campo da energia nuclear foi incorporada pela *Commissariat à l'Énergie Atomique – CEA* (Comissão de Energia Atômica), com a missão geral de pesquisa científica e técnica nesta área. Como tal, a comissão estaria habilitada a aconselhar o poder executivo no gerenciamento de rejeitos radioativos. Aproveitando a personalidade civil e autonomia, a CEA foi colocada sob a autoridade e controle do Ministério da Indústria (BERGES, 1980).

Por despacho datado de 2 de novembro de 1976, os serviços dentro da CEA que tratavam de questões de segurança nuclear foram reagrupados no *Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire - IPSN* (Instituto de Proteção e Segurança Nuclear), cuja missão de estudo e pesquisa foi particularmente aplicável ao problema dos rejeitos radioativos (BERGES, 1980).

O Ministério da Indústria estudou a criação dentro da CEA de uma agência nacional para o gerenciamento dos rejeitos radioativos com responsabilidade nos termos de políticas definidas pelo governo, para assim executar a organização em longo prazo de atividades relacionadas com os rejeitos radioativos, incluindo:

- O gerenciamento dos centros de armazenamento de longo prazo de rejeitos;
- A concepção, implementação e concretização dos novos centros de armazenamento de longo prazo, e ainda realização de todos os estudos necessários para este fim;
- A consulta aos produtores de rejeitos radioativos sobre especificações para o acondicionamento e armazenamento deste material antes da sua evacuação para os centros de armazenamento; e

- A contribuição para a pesquisa, estudos e trabalhos sobre processos de gerenciamento dos rejeitos radioativos e seu destino por longo tempo (BERGES, 1980).

Esta agência seria consultada sobre programas de pesquisa e desenvolvimento, bem como sobre os projetos de regulamentação relativa ao gerenciamento dos rejeitos radioativos (BERGES, 1980).

Sobre o descarte de efluentes gasosos e líquidos estes, respectivamente, eram regulados pelo Decreto de 06 de novembro de 1974 e Decreto de 31 de Dezembro de 1974 e disposições de execução na norma de 10 de agosto de 1976, salientado que os rejeitos gasosos e líquidos deveriam ser provenientes de uma instalação nuclear de base (BERGES, 1980).

Contudo, os rejeitos sólidos, que não estão sujeitos a uma regulamentação especial, entende-se que são substâncias radioativas provenientes de instalações nucleares de base, devendo obedecer a legislação específica (BERGES, 1980).

O procedimento de autorização para a criação de uma instalação nuclear visa determinar os requisitos técnicos essenciais para a concepção e construção das mesmas e, após este procedimento, o despacho de autorização para se criá-las deve estabelecer as obrigações às quais seu operador deverá se submeter (BERGES, 1980).

O requerimento de autorização para se criar uma instalação nuclear de base é dirigido pelo futuro operador ao Ministro da Indústria. O pedido deve indicar as características principais da instalação e incluir um plano de situação mostrando o perímetro das instalações (BERGES, 1980).

A avaliação da segurança deve ser feita pelo IPSN, estando sujeita ao aconselhamento de um grupo de peritos.

Uma audiência pública local deve ser realizada pelo *préfet* de cada *departament* francês em que a instalação será estabelecida. Deve ainda haver um dossiê contendo informações sobre a identidade do requerente, o objeto da audiência, a natureza e as características essenciais da instalação nuclear, como um plano, e sua localização no mapa da região. Os comentários feitos por membros do público são registrados na audiência e avaliados por um oficial designado formalmente pelo *préfet*. As repartições locais dos ministérios também são consultadas. Além disso, a legislação sobre a proteção ambiental envolve a criação de outro dossiê de estudo de impacto, que é anexado ao processo de audiência.

As instalações nucleares são sujeitas a um duplo acompanhamento específico por parte dos poderes públicos governamentais (BERGES, 1980).

A primeira deve ser exercida por inspetores de instalações nucleares de base, nomeados conjuntamente pelo Ministro da Indústria, SCSIN e pelo ministro do Meio Ambiente e Vida Natural. Os inspetores devem fiscalizar a segurança destas instalações e verificar o cumprimento das exigências técnicas impostas ao operador. Estas visitas são geralmente preparadas em conjunto com os técnicos do IPSN.

A segunda deve ser exercida por agentes do *Service Central de Protection Contre les Rayonnements Ionisants* - SCPRI (Serviço Central de Proteção contra Radiações Ionizantes), que monitoram o cumprimento de normas relativas às descargas de efluentes líquidos e gasosos e também proteção dos trabalhadores (BERGES, 1980).

Outros controles são naturalmente prescritos pelos regulamentos em vigor, incluindo alguns do Ministério do Trabalho, no que diz respeito à inspeção do trabalho de funcionários destas instalações (BERGES, 1980).

Quanto ao armazenamento de longo prazo, a França em 1978 apontou que adquiriu experiência de oito anos para o armazenamento de superfície em uma instalação perto do centro de *La Hague*, que é uma instalação nuclear de base, localizada na península de *Contentin*, no canal inglês, na Normandia, ao norte da França (BERGES, 1980).

3.8.2 Marcos regulatórios e legislativos da França sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos

Em 18 de outubro de 1945, é criada a *Commissariat à l'Énergie Atomique* (CEA) *Atomique* como já mencionado, com a missão geral de pesquisa científica e técnica nesta área. Como tal, a comissão está habilitada a aconselhar o poder executivo na gestão dos rejeitos radioativos. Aproveitando a personalidade civil e autonomia, a CEA é colocada sob a autoridade e controle do Ministério da Indústria (NLB, 1970, IAEA, 1980).

Em 29 de setembro de 1970, foi publicado no Diário Oficial francês o Decreto nº. 70-878, que trata da atualização dos deveres e da organização da CEA. Esta deve realizar suas funções sobre o abrigo das diretivas definidas pelo governo

francês e sua gestão geral, a partir deste decreto, foi confiada ao administrador delegado geral. O cargo de alto comissário, que já existia, foi mantido, mas agora com a função de aconselhar o administrador delegado-geral sobre questões científicas e técnicas (NLB, 1970).

Em 06 de junho de 1970 foi publicada a portaria do Ministro da Saúde Pública e da Segurança Social destinada aos usuários de radioisótopos regidos pelo regime de autorização previsto no Código de Saúde Pública em matéria de disposição de rejeitos radioativos para fontes não seladas¹⁸ apenas. Ela contém recomendações sobre as condições em que os rejeitos, quer sejam sólidos, líquidos ou gasosos, possam ser recuperados, separados, removidos e tratados com vista a não desrespeitar condições estabelecidas pelos órgãos responsáveis pela remoção e armazenamento dos rejeitos (NLB, 1970).

Em 13 de março de 1973, pelo Decreto 73-278 foi criado o *Conseil Supérieur de la Sûreté Nucléaire* e o SCSIN, ligados ao *Ministère au Développement Industriel et Scientifique*. O primeiro órgão com as atribuições de aconselhar e cobrir todos os assuntos relacionados à segurança nuclear sob responsabilidade desse ministério e o segundo, responsável pelo estudo, definição e implementação da política de segurança nuclear, incluindo elaboração das regulamentações técnicas, organização e gestão de inspeções de instalações nucleares, aconselhando na elaboração dos programas de trabalho e pesquisa da CEA (NLB, 1973 apud CIPRIANI, 2002).

Em 1974 foram publicados os Decretos de n.º. 74-945 de 6 de novembro de 1974 para regular emissão de efluentes gasosos e o de n.º 74-1181 de 31 de dezembro de 1974 para efluentes líquidos, assim regulando sobre o descarte de efluentes radioativos provenientes de grandes instalações nucleares e de instalações nucleares agrupadas no mesmo local (NLB, 1975a).

Sob o abrigo destes dois decretos, a disposição de rejeitos radioativos foi submetida a um sistema de licenciamento, após uma audiência pública e de um estudo preliminar enviado pelo operador ao Ministério da Indústria e Pesquisa. Com a devida obtenção de licença, esta deveria estabelecer os limites e os métodos para a realização e controle das operações de descarte que o operador de uma instalação nuclear estaria autorizado a realizar. Para cada tipo de efluente a licença

¹⁸ Fontes não seladas é a situação de quando o isótopo radioativo não está contido em um recipiente fechado e assim existe contato direto do referido isótopo com o organismo a ser irradiado (BERNARDO-FILHO et al, 2008).

é concedida por um Ministério diferente, como no caso de efluente gasoso quem é apto a conceder é o Ministro da Indústria e Pesquisa, juntamente com o da Saúde e Ministro de Qualidade de Vida (NLB, 1975a).

O envolvimento dos diferentes ministros é devido ao fato de que a regulamentação sobre efluentes líquidos e gasosos é regida por diferentes leis, que implicava na separação de poderes ministeriais. O foco da legislação francesa com relação a diversos dispositivos legais, licenças e severidade na concessão destas foi devido à preocupação crescente com o meio ambiente (NLB, 1975a).

Em 19 de agosto de 1977, entrou em vigor o Decreto nº. 77-974 sobre informações a serem fornecidas sobre rejeitos nocivos provenientes de instalações cujos empreendimentos envolvam certos materiais nocivos. Nos termos deste Decreto, as instalações podem ser obrigadas a manter registros, para assim publicar declarações periódicas de operações e ainda no caso de transporte de rejeitos, estabelecerem uma declaração de carregamento especificando o método de descarte planejado. Rejeitos contendo substâncias radioativas são incluídos nas categorias de nocivos assim abrangidos pelo presente decreto (NLB, 1977b).

Em 4 de agosto de 1975, foi constituído o *Comité Interministériel de la Sûreté Nucléaire - CISN* na França, dirigido pelo Primeiro Ministro, tendo a participação dos ministérios diretamente ligados aos problemas de Segurança Nuclear (Interior, Assuntos Exteriores, Finanças, Defesa, Equipamentos, Agricultura, Qualidade de Vida, Meio Ambiente, Trabalho, Saúde, Indústria e Pesquisa, Transporte e Informação). O conceito de “segurança nuclear” foi tomado no texto no mais amplo sentido, incluindo medidas e ações para proteger pessoas e propriedades contra os perigos, incômodos ou danos de todos os tipos, resultantes de atividades nucleares (NLB, 1975 apud CIPRIANI, 2002).

Em 10 de julho de 1976, entrou em vigor a lei nº. 76-629 a qual estabeleceu que estudos prévios deveriam ser feitos sobre a realização de projetos nucleares de grande porte, tendo assim a necessidade de se realizar um estudo de impacto ambiental, dando subsídios para uma avaliação das consequências ao meio ambiente (NLB, 1977b).

Em 12 de outubro de 1977, o decreto nº. 77-1141 implementou o Decreto anterior estabelecendo que obras e projetos em planejamentos realizados por serviços municipais e nacionais, ou que estejam sujeitos ao licenciamento ou

aprovação de autoridades públicas deveriam preceder de um estudo de impacto ambiental (NLB, 1977b).

Em 7 de novembro de 1979, foi editado decreto criando junto à CEA a *Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs* – ANDRA (Agência Nacional de Gerenciamento de Rejeitos Radioativos). Este órgão substituiu o *Office de Gestion des Déchets* da CEA, tornando-se responsável pelo gerenciamento de rejeitos radioativos em longo prazo e, em particular, dos repositórios, tanto diretamente, quanto por meio de terceiros que atuam com a mesma finalidade. A agência ficou responsável: pelo projeto e instalação de novos repositórios de rejeitos; de preparar (após consulta aos produtores de rejeitos) especificações para acondicionamento e estocagem de rejeitos, antes da disposição; e de contribuir para a pesquisa e desenvolvimento de processos de gerenciamento de rejeitos em longo prazo. A agência deveria ser consultada sobre programas de pesquisa e desenvolvimento bem como nos anteprojetos das regulamentações relacionadas ao gerenciamento de rejeitos radioativos (NLB, 1979b; NLB, 1982a).

Até o início de 1980, a França estava na sua infância sobre a legislação de rejeitos e resíduos radioativos. É importante destacar que até então a lei reconhecia o termo rejeito radioativo no *strictu sensu*, considerando apenas rejeitos sólidos ou solidificados (NLB, 1980b).

Na França, algumas normas foram editadas de modo particular para cada situação individual como, por exemplo, o Decreto de 19 de junho de 1969 que trata sobre o armazenamento de rejeitos de *La Hague*; o Decreto de 14 de junho de 1971 sobre o armazenamento de rejeitos em *Saclay, Fontenay-aux-Roses* e *Saint-Laurent-des-Eaux* (todas as regiões ao sudoeste de Paris, região central do país); o Decreto de 20 de dezembro de 1972 sobre armazenamento de rejeitos em *Grenoble* (ao sudeste da França) e o Decreto de 9 de agosto de 1978 sobre a construção de uma instalação de pré-tratamento de rejeitos de urânio altamente enriquecido em *Romans* (também ao sudeste da França), na Usina de FBFC - *Franco-Belge de Fabrication du Combustible* (NLB, 1980b).

As regulações sobre mineração não são normalmente aplicadas à criação de uma instalação de disposição de rejeitos e resíduos em formações geológicas profundas, porque este tipo de operação não tem elo com a exploração e exploração de minérios e substâncias fósseis. Contudo, vale mencionar que o Código de Mineração francês requer que qualquer indivíduo que venha a proceder uma

perfuração no solo e assim construir uma instalação subterrânea para qualquer que seja o propósito, o diretor interdepartamental da indústria deve ser notificado de tal atividade, bem como o governo francês deve estar a par de todas as informações obtidas no curso do trabalho (NLB, 1980b).

No começo dos anos 80, os ministérios do governo eram auxiliados por diversos comitês consultivos e instituições públicas especializadas para lidar com a situação dos resíduos e rejeitos radioativos, no sentido de que pela portaria de 26 de junho de 1979, o Comitê para a Segurança de Armazenamento Subterrâneo deve auxiliar o Ministério da Indústria; e a ANDRA auxiliaria o Ministério do Meio Ambiente e Qualidade de Vida sobre disposição geológica de rejeitos (NLB, 1980b).

Uma atualização sobre o decreto de 07 de novembro de 1979, que criou a ANDRA, foi publicada em 1982 no sentido de que o CEA deveria estabelecer funções mais precisas sobre o gerenciamento de rejeitos radioativos industriais na França, primeiramente considerando que o termo gerenciamento, se refere a todas as operações relacionadas aos rejeitos desde sua produção até sua “eliminação” (termo utilizado na lei) que pelos meios tecnológicos disponíveis a um custo razoável devesse fornecer salvaguardas satisfatórias à época e futuras gerações contra quaisquer riscos oriundos de rejeitos existentes (NLB, 1982a).

Importante se faz salientar que o CEA enfatizou a necessidade de se separar claramente a função de atividades industriais e atividades de controle e regulação das autoridades e ainda de que a disposição (em longo prazo ou armazenamento definitivo), deveria ser atribuída a uma agência, devendo esta ser pública e permanente e não importando o tipo de rejeito (NLB, 1982a).

Sendo assim, a ANDRA foi estabelecida dentro do CEA, adquirindo a forma de um órgão responsável pela operação de rejeitos radioativos industriais em todo o território francês e devendo prestar um serviço público que assegure a rígida observância de padrões e responsabilidade contínua, bem como assegurar operações econômicas e industriais de 10 bilhões de francos para a produção de energia elétrica via energia nuclear, com um baixo percentual do custo de eletricidade até o ano 2000 (NLB, 1982a).

A ANDRA então se tornou a agência responsável por todas as operações de gerenciamento de longo prazo de rejeitos radioativos de todo o território francês, tendo também como função específica o gerenciamento de repositórios de rejeitos diretamente ou delegando a terceiros sob sua responsabilidade, devendo ainda:

projetar, instalar e conduzir estudos sobre repositórios; preparar especificações junto com os produtores de rejeitos para o acondicionamento destes, antes do envio ao repositório e contribuir com a pesquisa, estudos e trabalhos práticos do gerenciamento de rejeitos até sua disposição final. Salienta-se ainda que a ANDRA deve ter em sua estrutura um comitê de gestão e um conselho técnico-científico que deve utilizar a mais moderna tecnologia no gerenciamento de rejeitos (NLB, 1982a).

A ANDRA deve expor suas políticas de propostas e sugestões sobre a disposição de rejeitos enquanto as autoridades de segurança e supervisão dão a decisão final (NLB, 1982a).

Até o ano de 1982, o governo francês declarou oficialmente que para o futuro seria necessária a construção de segundo repositório, tendo em vista a saturação da capacidade do de *Manche*¹⁹ que até aquele ano possuía uma capacidade residual de 250 mil metros cúbicos para ILW (NLB, 1982a).

Vale mencionar que, por via de regra, os serviços públicos operacionais prestados pela ANDRA são financiados pelos produtores de rejeitos por meio de faturas diretamente enviadas aos produtores. A ANDRA, como já dito, pode delegar a gestão de seus repositórios a companhias de operação industrial sob sua supervisão, que, por sua vez, está assistida pelo CEA, o *Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire* (IRSN), a *Division de Métallurgie et d'Etude des Combustibles Nucléaires*, *Division d'études de retraitement et des déchets de chimie appliquée*, *Bureau de Recherche Géologiques et Minières* (BRGM) e a *École Polytechnique e École des Mines* (NLB, 1982a).

Em 30 de dezembro de 1991, foi aprovada a Lei 91-1381, que estabeleceu a ANDRA como uma agência reguladora estatal independente da CEA com as atribuições do gerenciamento de rejeitos radioativos em longo prazo de forma independente para cumprir suas atribuições, devendo assim receber, implantar e operar novos centros de estocagem de rejeitos. A ANDRA é uma agência pública colocada sob a tríplice tutela dos ministérios da Indústria, da Pesquisa e do Meio Ambiente. Os objetivos principais da lei foram:

¹⁹ O repositório de *Manche*, perto da usina de reprocessamento de *La Hague* (atualmente administrada pela empresa AREVA), na península de *Contentin* (Extremo norte da França) com gestão da ANDRA, foi estabelecido em 1969 e comportou rejeitos de baixo e médio nível em trincheiras de concreto em profundidade rasa, já os radioelementos de vida longa estão neste mesmo local no nível do solo. A ANDRA buscou novas tecnologias para a disposição mais econômica e segura em formações geológicas para os rejeitos vitrificadas, que ficavam provisoriamente armazenados na superfície, próximos aos locais onde são produzidos (NLB, 1982a).

- Encontrar uma solução satisfatória ao delicado problema social de gerenciamento de rejeito radioativo no país;
- Estabelecer procedimentos para garantir à população que as exigências regulatórias serão cumpridas, e;
- Estruturar a agência responsável pelo gerenciamento de rejeito radioativo, o que foi feito por emenda nos estatutos da ANDRA (NLB, 1992a).

Salienta-se que foi inserido um artigo que tratou sobre o requerimento de licença para armazenamento de rejeito em formações geológicas profundas, com o requisito de um período limitado para a licença e que o armazenamento seja recuperável e os produtos recuperáveis sob condições de legislações futuras por meio de laboratórios subterrâneos, tudo sobre a responsabilidade da ANDRA. Ainda a lei proibiu o armazenamento de rejeito importado para o território francês, a não ser sua estadia pelo período de reprocessamento (NLB, 1992a).

No tocante à preservação da natureza, a lei denotou preocupação para com o meio ambiente e saúde do homem durante o gerenciamento de HLW, sendo que os focos de estudo deveriam ser para: buscar soluções que permitissem a separação e permutação de elementos radioativos de longa vida presentes nos rejeitos; estudar as possibilidades para o armazenamento recuperável ou irrecuperável em formações geológicas profundas, por meio da criação de laboratórios subterrâneos e estudar o condicionamento e processos de armazenamento de longo prazo de superfície para tais rejeitos (NLB, 1992b).

Para o estabelecimento dos laboratórios, há a necessidade de uma licença concedida pelo *Conseil d'État* (Supremo Tribunal Administrativo) seguido de um estudo de impacto, laudo de conselhos municipais, regionais envolvidos e uma audiência pública com respaldo de uma Lei de 1983 sobre a democratização de audiências públicas e proteção ambiental (NLB, 1992 b).

As garantias a serem dadas à população sobre a transparência da construção e operação dos laboratórios devem ser por meio da criação de um Comitê Local de Acompanhamento e Informação no local do laboratório, que deve incluir representantes do Estado, de associação de proteção ao meio ambiente, de associações profissionais, do sindicato da agricultura e de moradores da região (NLB, 1992 b).

Em particular, a ANDRA, em cooperação com o CEA, ficaram responsáveis no auxílio para a pesquisa sobre o gerenciamento de longo prazo dos rejeitos

radioativos devendo ainda devem registrar a situação e a localização de todos os rejeitos radioativos no território nacional. Quanto à definição - de acordo com as regras de segurança - das especificações para acondicionamento e armazenamento dos rejeitos radioativos, nota-se que são de responsabilidade exclusiva de ANDRA (NLB, 1992b).

Além disso, a responsabilidade do operador nuclear dos repositórios de superfície existentes (*Manche* e *Aube* – distrito no nordeste da França) deveria ser transferida para a ANDRA (NLB, 1992 b).

Importante esclarecer que esta lei de 1991 ainda não deu solução definitiva para o gerenciamento de HLW, ela tão somente estabeleceu bases para uma estrutura legal e forneceu orientações para serem executadas pelo Parlamento que deve dar uma solução final (NLB, 1992 b).

Enquanto o principal propósito da lei de 1991 foi o gerenciamento de HLW, pode ser notado que, em adição, ela definiu os princípios gerais aplicáveis também ao armazenamento de rejeitos (NLB, 1992b). Para a regulamentação da Lei 91-1381, foram editados três decretos: o Decreto 92-1311, de 17 de dezembro de 1992, prevendo as condições para a consulta à população sobre projetos de construção de um *URL*; o Decreto 92-1366, de 29 de dezembro de 1992, determinando as condições para criação de grupos de interesse público; e o Decreto 92-1391, de 30 de dezembro de 1992, que define a organização administrativa da ANDRA e que ela deveria apresentar até dezembro de 2005, relatório analisando os resultados obtidos e um projeto subterrâneo para o armazenamento final de HLW (NLB, 1993a).

Em 16 de julho de 1993, o Decreto 93-940 foi aprovado para implementar a lei de 1991 para o licenciamento do *URL* que deve estudar a viabilidade de armazenamento de rejeitos em formações geológicas profundas. Neste sentido, o pedido de licença é encaminhado à ANDRA e ao *Conseil d'Etat* que deveria fixar a duração da licença e condições para sua renovação, bem como especificar o perímetro e características das instalações, medidas de segurança de pessoas durante a construção, operação e término das atividades do *URL* e ainda a restauração do local, caso o local não venha a ser utilizado como repositório (NLB, 1993b).

Nos termos do Decreto de 03 de agosto de 1999, a ANDRA foi autorizada a instalar e operar um *URL* no território do município de *Bure* no departamento de

Meuse, ao extremo nordeste da França, com o foco de estudar formações geológicas profundas, onde os rejeitos radioativos poderiam ser armazenados.

As investigações e experiências deste *URL* visariam a compilar dados sobre o projeto, otimização do potencial de recuperação e a segurança do repositório geológico (NLB, 1999b).

Em 28 de Junho de 2006, foi publicada a Lei de Planejamento sobre o Manejo Sustentável de Material Radioativo e Rejeitos (Lei n^o 2.006-739), já que a Lei de 30 de dezembro 1991 apenas orientava para as possíveis soluções para a pesquisa do gerenciamento de HLW. Importante destacar que a Lei de 1991 fixou um prazo para o governo francês preparar um projeto de lei em 15 anos, ou seja, até o final de 2006 (NLB, 2006a).

A Lei de 2006 prolongou prazos em que as diferentes soluções entrariam em vigor, confirmando a continuidade e complementaridade dos três eixos já da Lei de 1991, a saber: separação e transmutação de radionuclídeos de longa duração; a disposição e armazenamento de rejeitos recuperáveis em uma formação geológica profunda (NLB, 2006a).

No que diz respeito à disposição de rejeitos recuperáveis em uma formação geológica profunda, até 2015, todas as condições devem ser cumpridas para se obter uma autorização para o repositório e este deve começar a operar em 2025, por força do calendário de produção de HLW (NLB, 2006a).

Por esta lei, ainda foi estabelecida a estrutura legislativa para o descomissionamento das instalações nucleares e, em particular, a questão financeira por parte dos operadores nucleares para garantir que o montante necessário para o descomissionamento esteja disponível. A lei estabeleceu que a ANDRA tivesse um fundo dedicado para financiar pesquisas e estudos relacionados com o armazenamento e a disposição profunda de rejeitos radioativos. Os recursos do fundo devem ser originários do produto da "taxa de pesquisa" adicional ao imposto sobre as grandes instalações nucleares. Um segundo fundo deve ser estabelecido pela ANDRA, a fim de construir, operar, e fechar definitivamente, manter e monitorar o armazenamento nos repositórios de HLW. O parlamento deve participar do controle desses fundos financeiros e sinalizar sua posição dentro das contas das empresas do setor nuclear (NLB, 2006a).

A ANDRA ainda deve publicar e atualizar a cada três anos o inventário nacional de rejeitos (NLB, 2006a; ANDRA, 2010), sendo que o último levantamento

no final de 2009 apontou que 1.121 locais possuem rejeitos radioativos sendo que mais de 90% da radioatividade destes estão concentradas nos sítios de *La Hague* e *Marcoule* no departamento de *Gard*, ao sul da França (ANDRA, 2010).

Finalmente, a letra da lei reforçou o apoio socioeconômico para as regiões abrangidas pelo repositório no futuro (NLB, 2006a).

Em 2008, foram emitidas diretrizes sobre a segurança para um repositório geológico profundo, elaboradas pela *Autorité de Sûreté Nucléaire* - ASN (Autoridade de Segurança Nuclear) visando definir os objetivos de disposição de rejeitos, incluindo tanto o local, investigação e fases da concepção da instalação, com o intuito de garantir a segurança após o fechamento do repositório.

Em particular, as orientações abordam a saúde humana e a proteção do meio ambiente, princípios de segurança e os órgãos ligados à segurança da construção de instalações de armazenamento e o método para demonstrar a segurança do armazenamento (NLB, 2008).

3.8.3 - Situação atual dos repositórios na França

A ANDRA informou ao governo para que o Parlamento deveria decidir sobre o curso preciso de ação para a disposição final de rejeitos radioativos. Depois de um forte apoio na Assembleia Nacional e do Senado, a Lei de Planejamento sobre o Manejo Sustentável de Material Radioativo e Rejeitos (Lei n^o 2.006-739) foi aprovada. Como visto anteriormente este programa tratou formalmente sobre a disposição geológica profunda como a solução de referência para o HLW e define que 2015 será a data-limite para o licenciamento de um repositório com a abertura programada para 2025. Salienta-se que a lei também aduziu que o princípio de reprocessamento de combustível irradiado e reciclado utilizando plutônio e urânio deve permanecer a fim de se reduzir a quantidade e toxicidade de rejeitos finais (NLB, 2006a; WNA, 2010d).

A ANDRA tem definido o rumo da investigação de repositórios principalmente com realização de testes no *URL* de *Bure* no leste da França, situado em formações argilosas. Outro *URL* da ANDRA está pesquisando formações graníticas no território francês. Pesquisas também estão sendo realizadas sobre separação e transmutação e armazenamento de superfície em longo prazo de rejeitos após o seu

devido acondicionamento. Os rejeitos e resíduos dispostos devem estar em condições recuperáveis segundo a legislação francesa (WNA, 2010d).

O custo do repositório deverá girar em torno de 15 mil milhões de euros sendo que 40% desta quantia serão aplicadas na construção, 40% na operação por 100 anos, e os 20% restantes em custos como impostos e seguros. No entanto, com alterações de projeto e aumento de custos, acredita-se que este valor pode ser dobrado. Fundos para o gerenciamento de rejeitos e descomissionamento permanecem reservados com os produtores de rejeitos e não em um fundo externo (WNA, 2010d; ANDRA, 2010).

A ANDRA ainda está projetando o repositório de *Bure* - denominado Centro Industrial para Disposição Geológica (CIGEO) e deve aguardar licenças de construção e funcionamento até o final de 2014, que ainda deve ser precedido de um debate público. Dois outros repositórios adicionais estão previstos pela ANDRA e CEA (WNA, 2010d; OUZOUNIAN, 2010).

Em junho de 2008, A ANDRA convidou as 3.115 comunidades com geologia favorável para hospedar uma instalação para a disposição de LLW de longa duração (radionuclídeos com meias-vidas de mais de 30 anos). O material é composto de 70.000 m³ (18.000 toneladas) de grafite de reatores arrefecidos a gás e 47.000 m³ de materiais contendo rádio oriundo da fabricação de catalisadores e componentes eletrônicos, bem como resíduos e rejeitos do processamento de minerais e metais que não podem ser dispostos no centro da ANDRA de disposição de LLW em *Soulaines*, na região centro-norte da França. Em resposta, 40 comunidades apresentaram-se para apreciação do convite. Estudos preliminares concluídos no final de 2008 pela ANDRA revelaram que duas comunidades *Auxon* e *Pars-les-Chavanges* no distrito de *Aube*, no nordeste da França, tinham formações rochosas e ambientes adequados para a disposição dos rejeitos, mas depois de intenso *lobby* por parte de grupos antinucleares, as cidades recusaram a proposta de hospedar os rejeitos. As investigações prosseguiram em 2010 e estuda-se a possibilidade de um futuro repositório ser concretizado em formações argilosas com cerca de 15 metros abaixo da superfície (WNA, 2010d).

Em agosto de 2010, a ANDRA anunciou receber recursos para desenvolver técnicas para que o ILW possa ser acondicionado na forma físico-química mais inerte possível para atender aos requisitos de segurança de um repositório geológico. A maioria de tais rejeitos são de fora da indústria de energia nuclear,

estas soluções em escala industrial tendem a ser caras, e a ANDRA tem buscado parceiros internacionais (WNA, 2010d).

Formações geológicas de argila e granito foram inicialmente consideradas na década de 1990, sendo que em 1994, o trabalho da ANDRA investigou uma grande variedade de locais em 4 departamentos com a escolha de três regiões dispostas no mapa a seguir ilustradas na Figura 23.

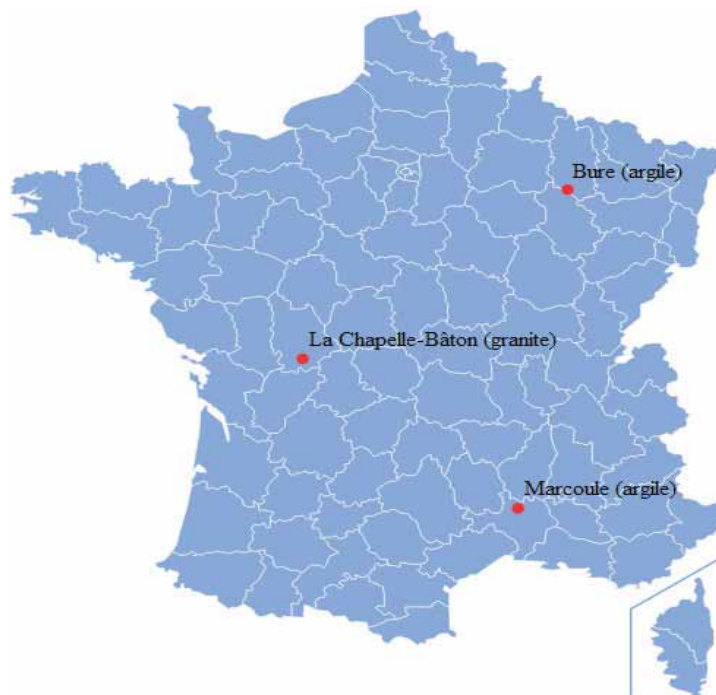


Figura 23 – Localização dos locais sob estudo pela ANDRA a se tornarem futuros repositórios geológicos para rejeitos/resíduos radioativos na França (ANDRA, 2005).

3.9 - Japão

O Japão foi o primeiro país a sofrer um ataque nuclear, quando bombas atômicas foram lançadas durante a Segunda Guerra Mundial. Após a guerra, o uso e o desenvolvimento da energia nuclear no Japão ficaram limitados a fins pacíficos, como a geração de energia elétrica, tratamento médico, a indústria e a pesquisa. Neste entendimento, a energia nuclear tem desempenhado um papel muito importante na vida do povo japonês (BABA, 2002).

O Japão tem poucos recursos naturais para a geração de energia, por isso tem considerado a energia nuclear como uma fonte essencial para um fornecimento estável de eletricidade. Assim, o país conta atualmente com 51 reatores nucleares, totalizando 44.642 megawatts, com dois reatores (2756 MWe) em construção e 12 (16.532 MWe) já planejados (WNA, 2010c).

O Japão começou seu programa de pesquisa nuclear em 1954, com 230 milhões de ienes orçados para a energia nuclear. A Lei de Energia Atômica Básica (*Basic Atomic Energy Law*), assim chamada, limitou o uso de tecnologia nuclear para fins pacíficos e foi introduzida em 1955. A lei visou assegurar que os três princípios - métodos democráticos, gestão independente e transparência – fossem a base das atividades da pesquisa nuclear, bem como promover a cooperação internacional. A criação da Comissão de Energia Atômica, em 1956, promoveu o desenvolvimento da energia nuclear e sua utilização. Vários outros órgãos relacionados com a energia nuclear também foram estabelecidos a partir de 1956, ao abrigo daquela lei (WNA, 2010c).

Em março de 2011, as unidades 1-4 da usina *Daiichi Fukushima*, no extremo nordeste do país, foram seriamente danificadas em um acidente grave proporcionado por um *tsunami*, e serão desativadas, reduzindo 2.719 MWe do sistema da *Tokyo Electric Power Company* - Tepco - e do sistema energético do país (WNA, 2010c).

3.9.1 - Regulamentação do Japão apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978

Para Murano *et al.* (1980) a disposição subterrânea de rejeitos radioativos no Japão esteve em uma fase em que a sua viabilidade técnica está sendo investigada. Há pesquisas sobre o sistema de gestão de longo prazo no Japão, bem como o *status quo* das leis japonesas de energia atômica sobre rejeitos radioativos.

O gerenciamento e a disposição dos rejeitos se tornaram um problema importante no Japão, desde que 15 reatores nucleares estivera em operação e uma usina de reprocessamento de combustível passara por testes (MURANO *et al.*, 1980).

Com relação ao LLW, este tem sido alijado no mar, principalmente os provenientes de usinas nucleares (MURANO et al., 1980).

Nas palavras de Murano *et al* (1980), à época, o Japão tinha interesse na disposição subterrânea, mas o país estava em um estágio de desenvolvimento em que a sua viabilidade técnica deveria ser mais precisa e o conceito deste tipo de disposição deveria ser desenvolvido levando-se em consideração as condições naturais específicas e sociais da nação.

As diretrizes regulatórias da disposição subterrânea para uma próxima fase da legislação nuclear japonesa devem ser consideradas, já que o país não tinha, até então, suficientemente discutido tais diretrizes para se ter resultados formais e conclusivos, especialmente no âmbito solicitado pela AIEA (MURANO et al., 1980).

A Lei Básica de Energia Atômica (*Basic Law*) que havia sido publicada em 1955 foi revista em 1978. De acordo com esta revisão, uma Comissão de Segurança de Energia Atômica será estabelecida, sendo responsável por todos os aspectos de legislação em matéria de segurança relacionada à energia atômica (MURANO et al., 1980).

O desenvolvimento de uma gestão dos resíduos radioativos e um sistema de disposição a nível nacional deverá ser promovida por esta comissão.

A situação do Japão sobre o “descarte” de rejeitos resume-se em termos mais técnicos do que regulamentares e a aceitação do público (MURANO et al., 1980).

O país tem acreditado que o armazenamento geológico venha a ser o método mais viável para o isolamento dos resíduos de alto nível no Japão. Reconhece-se, no entanto, que há muitas áreas a serem estudadas a fim de realizar a disposição geológica, como: estudos geológicos, pesquisa de campo, escolha do local, projeto e construção de instalações, operação das instalações, descomissionamento das instalações e vigilância em longo prazo (MURANO et al., 1980).

De acordo com declaração da Comissão de Energia Atômica Japonesa de outubro de 1976, intitulada “Política e Estratégia para o Gerenciamento de Rejeitos Radioativos”, o governo deve ser responsável pela disposição de resíduos de alto nível e seu gerenciamento em longo prazo. De acordo com esta política, a Agência de Ciência e Tecnologia do Gabinete do Primeiro-Ministro tem iniciado um estudo de disposição geológica (MURANO et al., 1980).

3.9.2 - Marcos regulatórios e legislativos do Japão sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos

Como visto anteriormente, a *Basic Atomic Energy Law* (Lei de Energia Atômica Básica), assim chamada, limitou-se estritamente ao uso de tecnologia nuclear para fins pacíficos. Ela foi criada em 1955 no Japão (WNA, 2010c; BABA, 2002).

Outra lei de destaque foi a *Law for the Regulation of Nuclear Source Material, Nuclear Fuel and Reactors* de 10 de junho de 1957 (*Regulation Law*) - Lei para a Regulação de Material de Fonte Nuclear, Combustível Nuclear e Reatores – Lei de Regulação - que tratou sobre a locação, construção e operação de instalações nucleares, tendo ainda como propósito assegurar o uso pacífico de material de fonte nuclear, do combustível e reatores. A norma dispôs também sobre o regime de licenciamento e regras essenciais com observância às normas internacionais, bem como disposições sobre exportação e importação de material combustível nuclear (BABA, 2002).

Vale mencionar também a *Law Concerning Prevention from Radiation Hazards due to Radioisotopes etc.* de 10 de junho de 1957 (*Prevention Law*) de 10 de junho de 1957 - Lei Relativa à Prevenção de Perigos da Radiação devido a Radioisótopos etc. (Lei de Prevenção) cujo objetivo foi de regular o uso, venda, disposição ou qualquer outra manipulação de radioisótopos e equipamentos emitindo radiação, a fim de prevenir os riscos de radiação e assim garantir a segurança pública (BABA, 2002).

De dezembro de 1977 a junho de 1978, em sessão da Assembleia Legislativa Japonesa foram aprovadas várias emendas para garantir mais segurança na utilização da energia nuclear. As principais diziam respeito à *Nuclear Safety Commission* (Comissão de Segurança Nuclear) (NLB, 1978). Até 1978, a Comissão de Energia Atômica, criada em 1956, foi responsável pela função de promoção e regulação de atividades nucleares, quando foi criada a Comissão de Segurança Nuclear (NLB, 1978; NLB, 1990a) exatamente para realizar a separação de papéis.

As principais leis que sofreram emendas naquele período foram: a Lei Básica de Energia Atômica; a Lei sobre a criação da Comissão de Energia Atômica de 1955 e a Lei de Regulação (NLB, 1978).

Com relação aos rejeitos radioativos, a emenda foi na própria Lei de Regulação, que tratou sobre a disposição de rejeitos radioativos no Japão, sobre os critérios de segurança para a diluição e dispersão dos rejeitos no meio ambiente e o armazenamento temporário destes em instalações nucleares, contemplando critérios técnicos para o alijamento no mar (NLB, 1978).

Como não havia dispositivos legais sobre a disposição no meio geológico e nem requisitos específicos sobre a Convenção de Londres acerca do Alijamento de Rejeitos Radioativos e outras Substâncias (que só foi adotada pelo Japão em 1980, por meio da Lei de Prevenção (NLB, 1980a), tais diretrizes não tinham ainda sido adotadas no ordenamento jurídico japonês, e esta foi a razão das emendas da Lei de Regulação. Assim novas instruções normativas para a disposição de rejeitos no mar e no meio geológico foram acolhidas. Das emendas, destacou-se uma em que o Primeiro Ministro teria o poder de suspender a disposição de rejeitos se não concordasse com critérios detalhados desta atividade. Mesmo com alterações em várias leis, no final dos anos 70, ainda não restaram claras as regulamentações apontadas (NLB, 1978).

Em suma, as atividades nucleares no Japão foram em grande parte regidas pela Lei de Prevenção e de Regulação, ambas de 1957, e sob a égide da Lei Básica de 1955, que foi um simples regulamento sobre o desenvolvimento pacífico das atividades nucleares (NLB, 1984b).

Desde o início de seu desenvolvimento nuclear, o Japão tem promovido uma política priorizando o ciclo do combustível nuclear, a fim de garantir a segurança energética e o uso mais eficiente dos recursos. A política incluiu reprocessamento de combustível decorrente da geração de energia nuclear e o uso de plutônio recuperado do combustível irradiado como combustível nuclear. Sob esta política, um conceito básico foi estabelecido, que especificou que o HLW deveria ser solidificado em uma forma estável (vitrificação) e estas “unidades vitrificadas” deveriam ser armazenadas para resfriamento por cerca de 30 a 50 anos, após o qual seria submetido a disposição geológica profunda (BABA, 2002).

As concessionárias de energia elétrica japonesas têm confiado às empresas estrangeiras no Reino Unido e França a execução do reprocessamento de combustível irradiado gerado no Japão. O primeiro carregamento de unidades vitrificadas reprocessadas no exterior voltou ao Japão em fevereiro de 1995. As unidades vitrificadas foram armazenadas em uma instalação na Usina de

Reprocessamento de *Rokkasho*, no vilarejo de *Rokkasho-mura*, no nordeste da cidade de *Aomori*, na costa leste, do extremo nordeste do país (BABA, 2002; WNA, 2010c).

Cumprе salientar que, em 2007 e março de 2010 novos carregamentos rejeitos voltaram ao Japão (WNA, 2010c).

Na Figura 24 consta a localização da instalação de armazenamento de rejeitos vitrificados em *Rokkasho-mura*.



Figura 24. Localização da instalação de armazenamento de rejeitos vitrificados em *Rokkasho-mura* no Japão, indicada pela letra “A” no mapa (GOOGLEEARTH, 2011).

Até meados de 1990, o Japão carecia de um regime jurídico adequado sobre a responsabilidade de guarda do material vitrificado, sobre a disposição final de HLW, medidas relativas ao financiamento desta disposição final, procedimentos de disposição e seleção do local de um repositório. Diante das legislações nucleares relacionadas anteriormente, somente a Lei de Regulação estabelecia determinadas condições de disposição e gerenciamento LLW e armazenamento provisório do combustível irradiado (BABA, 2002).

Destaca-se que o reprocessamento de combustível no Japão deveria ser realizado na unidade reprocessamento de *Rokkasho* e uma preocupação do governo emergiu diante do crescente número de rejeitos produzidos, tornando-se urgente o desenvolvimento de um regime jurídico que dispusesse sobre a destinação final de HLW no Japão (BABA, 2002).

Um programa que definiria os conceitos básicos para o HLW foi estabelecido pela Comissão de Energia Atômica, em Junho de 1994. Uma conferência sobre a disposição deste tipo de rejeito buscou propostas para uma legislação de disposição final do HLW, sendo que em 1998, a conferência emitiu um relatório sobre a disposição final de HLW que apresentou argumentos para a elaboração de leis relativas à: criação de uma entidade executora, garantia de fundos, e procedimentos de seleção de locais para disposição de rejeitos. Em resposta a estas propostas, a Subcomissão de Coordenação do Comitê Consultivo para a Energia, que foi estabelecida no âmbito do *Ministry of International Trade and Industry* - MITI (Ministério da Indústria e Comércio Internacional), preparou um relatório em março de 1999, em que questões específicas, tais como a estimativa de custos de disposição, aplicação de recursos e as medidas para garantir a constante disponibilidade de fundos, foram compiladas, e na sequência uma legislação foi elaborada com base nesses relatórios, e, finalmente, a *Law on Final Disposal of High-Level Radioactive Waste* (Lei sobre Disposição Final de Rejeitos de Alto Nível) foi promulgada em 31 de Maio de 2000 (BABA, 2002).

Em 13 de Maio de 1998, a lei n.º 62 foi aprovada, com o intuito de reorganizar o *Reactor Nuclear Power and Fuel Development Corporation* - PNC (Empresa de Desenvolvimento de Combustível Nuclear e Reator de Energia) criada em 2 de outubro de 1967, para pesquisa em reatores nucleares. Pelo conteúdo principal desta lei (NLB, 1998b), o PNC foi renomeado como *Japan Nuclear Cycle Development Institute* – JNC – (Instituto de Desenvolvimento do Ciclo Nuclear do Japão), o JNC tornou-se responsável por diversas atividades voltadas a reatores nucleares, tecnologia para o reprocessamento de combustíveis e pelo desenvolvimento da tecnologia para o tratamento e disposição de HLW (NLB, 1998b).

Em 10 de Maio de 1999, o JNC e a ANDRA da França celebraram um Acordo de Cooperação para a gestão e disposição de rejeitos radioativos.

Este acordo visou o reforço da cooperação além do já existente entre o JNC e a Comissão Francesa de Energia Atômica - *Commissariat à L'énergie Atomique* - sobre a gestão e disposição de rejeitos. O acordo também abrangeu todos os campos da pesquisa sobre o gerenciamento de rejeitos radioativos. A cooperação seria realizada por meio de assistência recíproca, suporte técnico, intercâmbio de pessoal e reuniões periódicas (NLB, 1999c).

Em 1º de Novembro de 2000, entrou em vigor a Lei n.º 117 - *Law on Final Disposal of High-Level Radioactive Waste*, aprovada pelo Parlamento em 31 de Maio de 2000 (NLB, 2000b).

Esta lei previu disposições legais para reger o armazenamento subterrâneo de HLW no Japão. Ela contém disposições sobre a definição e implementação da política e do plano de destinação final, os fundos para financiamento destas atividades e a entidade responsável pela sua realização e procedimentos a serem utilizados para a seleção local. Normas de segurança que especifiquem a disposição final devem ser contempladas em outra legislação (NLB, 2000b).

As principais disposições desta norma de 2000 foram as seguintes:

- O gabinete do governo deve decidir sobre a política de base para disposição final de rejeitos radioativos voltada num projeto apresentado pelo MITI²⁰ (que se tornou em 2001 o *Ministry of Economy, Trade and Industry* METI : Ministério da Economia, Comércio e Indústria por força de uma regulamentação emitida em 1º de Janeiro de 2001, nos termos da Lei Básica de Reorganização do Governo - Lei n.º 103, de 12 de Junho de 1998) considerando opiniões da Comissão de Energia Atômica e da Comissão de Segurança Nuclear. A política deverá analisar a abordagem adotada em relação aos planos de disposição, estudos preliminares, políticas de informação aos habitantes locais e o desenvolvimento de tecnologia para disposição final de HLW (NLB, 2000 b).
- Uma *Nuclear Waste Management Organisation* - NUMO (Organização de Gerenciamento de Rejeito Nuclear) deverá ser estabelecida como uma empresa de direito privado, sem fundos fornecidos pelo governo, devendo ser

²⁰ O MITI (Ministry of International Trade and Industry; de 1949 a 2001) que dentre diversas funções comerciais, ambientais e energéticas, foi responsável pela fiscalização da construção de usinas nucleares. Ele foi criado com a divisão do Ministério de Comércio e Indústria em maio de 1949 e teve a missão de coordenar a política de comércio internacional com outros grupos, como o Banco do Japão , a Agência de planejamento econômico e setores relacionados com o comércio. No momento em que foi criado, o Japão ainda estava se recuperando do desastre econômico da Segunda Guerra Mundial . (NLB, 1997b; METI, 2012).

licenciada e supervisionada pelo METI. A NUMO deveria implementar a disposição final de rejeitos e os operadores de usinas nucleares pagariam uma taxa específica, determinada pelo METI à NUMO ano a ano. A disposição final deveria custar por 1 quilowatt-hora de energia nuclear produzida cerca de 0,14 iene, para a disposição de 40.000 recipientes de rejeitos vitrificados (quantidade de rejeitos estimada para disposição final até o início de 2015; até tal data foi estimado um custo de 3 trilhões de ienes). O HLW proveniente da pesquisa e reatores experimentais não estaria sujeito àquela taxa anual, mas poderia ser aceito pela NUMO, se isso não vier tumultuar a atividade normal da empresa (NLB, 2000b).

- Na escolha do local de disposição final (repositório), a NUMO deveria seguir um procedimento de três etapas. Primeiro, ela deveria selecionar um local para pesquisas preliminares, considerando os resultados de estudos sobre irregularidades geológicas causadas por terremotos e/ou outros fenômenos naturais. Em seguida, neste local, testes teriam de ser realizados para se determinar a estabilidade do estrato geológico. Por último, a NUMO selecionaria um local de disposição final para a construção de um repositório. O METI deveria apresentar seu parecer sobre o Plano de Disposição Final após a seleção do local pela NUMO, tendo em conta as opiniões do “governador”, do “prefeito” e do representante da comunidade onde o local candidato a um repositório estaria localizado (NLB, 2000b).
- A Lei especificou que no caso da NUMO ter dificuldades em continuar suas operações, o METI deveria assumir a sua responsabilidade até que novos dispositivos legais fossem contemplados em legislação futura (NLB, 2000b).

Em outubro de 2000, o MITI (que dali três meses se tornaria o METI) aprovou a solicitação de criação da NUMO vista acima. Esta solicitação foi apresentada ao MITI pela *Federation of Electric Power Companies - FEPC*²¹ – (Federação das Empresas de Energia Elétrica) em 4 de outubro de 2000 nos termos da Lei de 2011 sobre disposição final de rejeitos de alto nível. A NUMO ficou responsável pela disposição final de HLW no Japão (NLB, 2000b), mas os que podem ser dispostos

²¹ Em 1952, as nove empresas japonesas de energia elétrica estabeleceram a Federação de Empresas de Energia Elétrica (FEPC) para promover o funcionamento estruturado de eletricidade. O fornecimento de eletricidade no Japão é realizado por empresas privadas regionais e independentes de energia elétrica que trabalham num sistema de cooperação (FEPC, 2011).

nos repositórios geológicos serão os rejeitos vitrificados provenientes de reprocessamento de combustível irradiado (WNA, 2010c).

Esta lei de 2001, vista anteriormente, também chamada de Lei de Rejeitos de Alto Nível, representou um marco revolucionário no “direito nuclear japonês”, no entanto, existiam muitos percalços jurídicos a serem solucionados para a idealização de um repositório (BABA, 2002).

A lei não deixou claras as regras de segurança para a implementação de disposição final e a dissolução da NUMO, ela somente mencionou que uma outra futura lei deveria ser promulgada considerando que o projeto de destinação final iria perdurar por um período de tempo extremamente longo e que incertezas como mudanças econômicas e a evolução tecnológica poderiam ocorrer no curso do projeto (BABA, 2002).

Outro ponto foi sobre as leis existentes que deveriam ser aplicadas para a implementação do projeto de disposição final. A aplicabilidade de algumas destas normas para o projeto de disposição final de HLW não foi esclarecida e a alteração ou acréscimos de regras existentes poderiam ser necessárias. Por exemplo, a questão dos requisitos de avaliação ambiental surgiria em relação aos efeitos da mudança da paisagem e construção de prédio durante o processo de disposição final, quando a caracterização do local e a construção das instalações do repositório fossem realizadas. A Lei de Avaliação de Impacto Ambiental, de 1997, estabeleceu procedimentos que regem a avaliação ambiental, no entanto, tal lei não previu procedimentos com relação à localização e construção de instalações do repositório. Portanto, há a necessidade de uma legislação ambiental específica para o futuro (BABA, 2002).

Outro exemplo foi que a Lei não especificou se servidões ou desapropriação de terras por parte do governo estariam de acordo com o direito público, quando a NUMO tiver de realizar a caracterização de um local ou adquirir terrenos para o sítio e suas áreas vizinhas. Além disso, a lei não mencionou claramente sobre os recursos financeiros a serem empregados, incluindo subsídios para promover o desenvolvimento dos locais que sediariam repositórios. Embora tais medidas na atualidade são desenvolvidas pelos governos locais que hospedam instalações nucleares (BABA, 2002).

Em suma, esta nova Lei foi um marco no movimento nacional para resolução dos problemas pendentes relativos ao HLW e seu destino. No entanto, na promoção

do projeto de disposição final, existem muitos problemas jurídicos a serem resolvidos. Ao lado dos problemas jurídicos, há uma série de dificuldades, como a obtenção do consenso dos moradores locais durante a escolha do local e também na promoção do projeto do repositório. Assim, a nova Lei vem a ser apenas um ponto de partida para ainda ser completada (BABA, 2002).

Com relação ao combustível irradiado das usinas de energia nuclear, este deve ser armazenado com segurança até que ele seja enviado para reprocessamento. Ele reside em instalações de armazenamento em cada usina nuclear (exceto o que é enviado para a Grã-Bretanha e França para reprocessamento ou vitrificação, com base em um contrato, que, ao voltar no estado vitrificado, é armazenado na em na usina de *Rokkasho-mura*) (BABA, 2002; WNA 2010c).

Segundo Baba (2002), uma usina de reprocessamento comercial está em projeto, mas o processo de construção tem sido adiado. Além disso, a capacidade das instalações de armazenamento das usinas nucleares está prestes a atingir seu limite. Alguns operadores têm construído instalações extras de armazenamento em seus sítios e fora dos limites dos sítios nucleares.

Em 3 de dezembro de 2004, foi publicada a *Japan Atomic Energy Agency Law - 2004* (Lei da Agência de Energia Atômica Japonesa) que criou e estabeleceu as competências da *Japan Atomic Energy - JAEA* – originada da fusão da *Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI²²)* e o *Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC)* em 1º de outubro de 2005 (NLB, 2005a).

Esta nova agência é uma instituição administrativa independente, mas sendo também uma organização pública com certo nível de autonomia nas decisões. Ela, dentre outras tarefas, deve executar projetos que não podem ser feitos no âmbito privado e ainda realizar pesquisas no campo nuclear e aprimorar o desenvolvimento de tecnologia para o tratamento e disposição de HLW (NLB, 2005 a).

Em meados de 2007, um projeto de lei complementar foi aprovado afirmando que a disposição final de HLW é a questão mais importante na continuidade da política nuclear. O projeto aduziu que o governo tome a iniciativa de auxiliar o público, a nível nacional, a entender o assunto, promovendo a segurança e o desenvolvimento regional, a fim de obter o local para um repositório o mais breve

²² A JAERI foi criada em 1956, pela Lei Básica, foi uma organização semigovernamental com cunho de pesquisa da energia nuclear (JAEA, 2011a).

possível. O projeto apelou também para a melhoria na tecnologia do repositório, a cooperação com outros países, a revisão dos regulamentos de segurança, e esforços para recuperar a confiança do público, como por exemplo, o estabelecimento de um sistema de fiscalização mais eficaz para impedir falsificações e ocultações de dados (WNA, 2010c).

Em 1º de Abril de 2008, entrou em vigor a Lei No. 84 de 2007, para alterar a Lei sobre a Disposição Final de Rejeitos Radioativos de Alto Nível. A alteração especificou que determinados rejeitos “adicionais” como os transurânicos devem ser sujeitos a regulamentos e à formulação de planos de disposição. A lei visou assegurar que a destinação final desses rejeitos seja devidamente considerada no essencial do ciclo do combustível nuclear. Com a alteração da lei, os rejeitos transurânicos são especificados como de alto nível, devendo ser dispostos em repositórios geológicos profundos (NLB, 2007b).

3.9.3 - Situação atual dos repositórios no Japão

A NUMO, criada em outubro de 2000, foi concebida pelo setor privado para lidar com a disposição de HLW e transurânicos, bem como a seleção de local, demonstração da tecnologia, licenciamento, construção, operação, monitoramento e encerramento de atividades de um repositório (WNA, 2010c; NUMO, 2011).

Ela preparou um relatório de 2010, que apresentou as políticas de segurança, descrevendo como pretende realizar a disposição geológica segura e os progressos alcançados com o desenvolvimento das tecnologias que sustentam essas políticas de segurança. Como parte deste relatório, a NUMO decidiu organizar um encontro internacional que ocorreu entre novembro de 2010 e março de 2011. Como resultado, foi concebido outro relatório que em suma, dispôs que a NUMO necessita clarificar seus passos na idealização do repositório (NUMO, 2011).

A NUMO iniciou o processo para encontrar um local do futuro repositório, já tendo em mãos os sujeitos a uma investigação detalhada a partir de 2012, com previsão de escolha definitiva do local para 2030 (WNA, 2010c).

A operação do repositório é esperada para 2035, e o custo de cerca de 28 bilhões de dólares deverá ser coberto pelos fundos acumulados em 0,2 ienes / kWh das empresas de eletricidade (e, obviamente de seus clientes) e pagos à NUMO.

Esse montante exclui qualquer compensação financeira paga pelo governo para as comunidades locais.

Os aspectos técnicos do conceito de disposição de HLW são baseados no trabalho de duas décadas do JNC (atual JAEA), com a avaliação de estabilidade de um repositório e especificidade da geologia japonesa. Desde 2000, o Centro de Pesquisa Subterrânea de *Horonobe*, cidade na província de *Hokkaido* (localizada na segunda maior ilha do arquipélago japonês ao norte do país), tem investigado rochas sedimentares a 500 m da superfície e, em novembro de 2005, a construção dos poços subterrâneos e galerias foi iniciada (Figuras 25 e 26). A JAEA também administra o *Tono Geoscience Centre* (Centro de Geociências *Tono*) na cidade de *Toki*, na província de *Gifu* (na região central do país), onde está construindo uma instalação similar a de *Horonobe*, o *URL* na cidade de *Mizunami*, em rochas ígneas a cerca de 1000 metros de profundidade (JAEA, 2010b; WNA, 2010c).



Figura 25. Foto da fachada do *URL* de *Horonobe*, província de *Hokkaido* no Japão (JAEA, 2011b).



Figura 26. Detalhe do túnel de investigação no URL de *Horonobe*, província de *Hokkaido* no Japão, com medidas de 3 metros de altura – do teto ao solo - e 4 metros de largura (JAEA, 2011b).

Importante destacar que o conceito japonês de repositório envolve a vedação de cerca de 20 latas contendo HLW dentro de um túnel de aço maciço e em torno deste um envoltório de argila bentonítica. A NUMO desenvolveu opções neste tipo de disposição como a possibilidade de inspeção e recuperação mesmo após longos períodos. Este conceito é denominado *Cavern Retrievable* – *caverna recuperável* - (CARE) e foi concebido em duas fases distintas: na primeira, cavernas subterrâneas ventiladas são operadas como uma instalação de armazenamento de superfície, com acessibilidade humana total aos rejeitos. Ao decidir-se pelo fechamento do repositório (após cerca de 300 anos), as cavernas são aterradas e vedadas. O período de controle institucional inicial permite a observação do decaimento da radioatividade dos rejeitos e estes podem ser recuperados a qualquer tempo (NEI, 2004; WNA, 2010c).

3.10 - Suécia

Atualmente a Suécia possui 10 reatores nucleares em operação proporcionando mais de 40% de sua eletricidade. Em 1980, o governo decidiu descontinuar progressivamente o uso da energia nuclear, sendo que em junho de 2010, o Parlamento votou pela revogação desta política (WNA, 2010g).

A Suécia tem um imposto “discriminatório” ao uso da energia nuclear, no sentido de que cerca de 0,67 euros por quilowatt hora representa aproximadamente um terço do custo operacional da energia nuclear (WNA, 2010f).

3.10.1 - Regulamentação da Suécia apresentada ao Comitê Técnico da AIEA em 1978 (IAEA, 1980)

De acordo com Larsson (1980), a disposição subterrânea de rejeitos radioativos na Suécia é regida primeiramente pela *Atomic Energy Act* (Lei de Energia Atômica), *Radiation Protection Act* (Lei de Proteção contra à Radiação) e, eventualmente, pela *Nuclear Liability Act* (Lei de Responsabilidade Nuclear). Essas três leis dão ao governo a autoridade para regular e controlar questões diferentes dentro do setor da energia nuclear, dentre elas, também as questões relativas aos rejeitos radioativos. Outras leis regulamentam questões específicas aplicáveis, mas não às instalações nucleares. Cumpre destacar a *Buildings and Construction Act* (Lei sobre Imóveis e Construções) e a *Environmental Protection Act* (Lei sobre Proteção Ambiental).

A *Statens kärnkraftinspektion* – SKI – (*Swedish Nuclear Power Inspectorate* - SNPI - Fiscalização da Energia Nuclear Sueca) e o *Statens strålskyddsinstitut* – SSI (*Swedish Radiation Protection Institute* - SRPI - Instituto de Proteção contra Radiações) exercem o poder de regulamentar os rejeitos radioativos na Suécia. De acordo com Lei de Energia Atômica, as instalações de rejeitos nucleares têm de ser licenciadas. A licença é concedida pelo governo por recomendação da SKI. O procedimento é semelhante àquele usado para reatores nucleares. A lei sobre o licenciamento de instalações de rejeitos nucleares entrou em vigor em 1º de julho de 1978, como uma emenda à Lei de Energia Atômica.

Anteriormente, as questões relativas aos rejeitos radioativos foram abrangidas pela Lei de Proteção contra a Radiação somente. Espera-se, como é o caso para reatores nucleares, que o governo venha a conceder licenças na condição de que a SKI possa estabelecer condições que julgar necessárias. Além disso, disposições da SSI para a operação de instalações de rejeitos têm de ser cumpridas pelo operador.

A concessão de uma licença para uma instalação de rejeitos nucleares dá às autoridades amplos poderes para impor condições que os requerentes devam

atender a fim de obter uma autorização para operação. Os órgãos reguladores também têm a autoridade para interromper a operação de uma instalação nuclear, se tal for considerado necessário.

O SSI define níveis de liberação de substâncias radioativas para o ar e a água. Além disso, ele tem de acompanhar as operações das instalações nucleares, a fim de controlar a exposição de pessoal à radiação.

De acordo com a Lei de Imóveis e Construções, a instalação de usinas com possíveis impactos ambientais devem ser aprovadas pelas comunidades locais envolvidas. Em consequência disto, as comunidades locais têm poder de veto absoluto com relação ao estabelecimento de instalações de rejeitos nucleares.

Até 1978, não havia regulamentações ou orientações formais para a disposição subterrânea de rejeitos radioativos na Suécia, além das disposições legais gerais descritas anteriormente. No entanto, a chamada *Stipulation Law* (Lei de Estipulação), que entrou em vigor no início de 1977 veio servir como um ponto central para as nações com interesse em disposição final de rejeitos radioativos, pois, a lei estipulou que as soluções para este problema deviam ser apresentadas e aprovadas pelo governo antes que novos reatores nucleares pudessem ser abastecidos com combustível nuclear e colocados em funcionamento.

Devido a essa lei, as concessionárias de energia que exploravam a energia nuclear fizeram um grande esforço para provar que existem soluções que satisfaçam as condições da norma. Tem de ser lembrado, no entanto, que a Lei de Estipulação de nenhuma maneira substitui os requisitos gerais da Lei de Energia Atômica e da Lei de Proteção contra a Radiação. O pedido de autorização para a construção de uma instalação para a disposição geológica de rejeitos radioativos terá de ser apresentado à SKI, sendo que a aprovação final será feita pelo governo com base nas recomendações dela e por parte das comunidades locais envolvidas, após aprovação do local.

3.10.2 - Marcos regulatórios e legislativos da Suécia sobre a disposição de rejeitos radioativos em repositórios geológicos

Os princípios básicos do direito nuclear na Suécia se encontram na Lei de 1º de junho de 1956 sobre o direito de explorar a energia nuclear por meio da *Atomic*

Energy Act (Lei de Energia Atômica) e a *Svensk Författningssamling* 1956 - SFS - (*Radiation Protection Act* of 1956 - Lei de Proteção contra à Radiação) de 14 de março de 1958 (NLB, 1977a).

Em 28 de dezembro de 1972, uma comissão governamental foi criada pelo governo sueco para considerar os problemas causados por HLW produzido pelas usinas nucleares. Os membros do Comitê, bem como sua assessoria de peritos, foram nomeados pelo Ministro da Indústria em 25 de abril de 1973 (NLB, 1973b).

A competência do Comitê incluiu o estudo de problemas técnicos, econômicos e de segurança levantados pelo tratamento de rejeitos altamente ativos, bem como o transporte e o armazenamento desse material. A Comissão ponderou se um programa de investigação sobre o tratamento e armazenamento desses rejeitos e resíduos deveria ser iniciado na Suécia bem como o estudo e as condições para organizar o armazenamento dos rejeitos radioativos no território nacional. Além disso, a Comissão teve poderes para analisar a legislação em vigor nesta matéria e propor as alterações que considerasse adequadas (NLB, 1973b).

Em 17 de maio de 1977, entrou em vigor a lei de 1977 sobre permissões especiais acerca do carregamento de reatores nucleares com combustível, norma esta que o *Riksdag* (Parlamento sueco), após discussões detalhadas, aprovou um projeto de lei sobre o fornecimento de combustível para reatores nucleares impondo uma autorização especial, na condição de que a questão do reprocessamento e disposição final do combustível irradiado seja resolvida e esclarecida pelo operador (NLB, 1977a).

A lei reforçou que aqueles que executassem operações nucleares industriais deveriam ser responsáveis por garantir a segurança de suas atividades, antes do início dos trabalhos com os reatores nucleares e deveriam ainda fornecer garantias sobre a manipulação segura dos rejeitos gerados para a obtenção de uma autorização de funcionamento do reator. Esta autorização somente seria concedida se o operador nuclear firmasse um contrato que previsse adequadamente o reprocessamento de combustível irradiado e ainda indicasse condições satisfatórias para o armazenamento final do HLW resultante do reprocessamento. Caso não houvessem planos para reprocessar o combustível irradiado, eles deveriam propor condições satisfatórias para o armazenamento final desse combustível (NLB, 1977a).

Com relação ao carregamento de reator nuclear, havia uma permissão especial contida na lei n. 140 de 21 de abril de 1977, que estabelecia que o governo deveria emitir uma permissão para o carregamento do reator nuclear e ainda uma licença nos termos da Lei de Energia Atômica de 1956. Tais documentos eram concedidos somente se o operador fornecesse ao governo dados de onde e como o rejeito radioativo de reprocessamento teria sua disposição final. Tal norma foi concebida para regulamentar o funcionamento do reator de *Barsebäck*²³, no município de *Kävlinge*, província de *Skåne*, no sul do país (NLB, 1977c).

Em 1977, o governo sueco sugeriu uma emenda à Lei de Energia Atômica de 1956, propondo uma alteração no artigo 2º da Lei e trazendo um projeto de lei para o Parlamento Europeu, segundo o qual uma licença deveria ser requerida para a construção e operação de uma instalação para armazenamento de rejeitos radioativos resultantes da utilização do combustível nuclear, ou a partir do reprocessamento do combustível nuclear irradiado (NLB, 1977c).

O principal objetivo da alteração foi dar competência de regulamentação e supervisão da segurança do ciclo completo do combustível nuclear ao cargo da SKI, especialmente sobre os aspectos relativos à segurança da instalação (NLB, 1977a).

Em 5 de outubro de 1978, o governo sueco publicou uma resolução de “acordo de reprocessamento concluído” pelo operador-requerente, em concordância com a Lei n. 140, no sentido de que caso o operador-requerente possuísse um local para depositar os rejeitos do reprocessamento de combustível nuclear, ela teria permissão para carregar o reator nuclear (NLB, 1979b; ELAM e SUNDQVIST, 2009).

Sendo assim, o governo solicitou estudos geológicos adicionais no local apontado pelo operador-requerente, para dar segurança absoluta sobre o armazenamento do material radioativo no local escolhido. Os estudos executados pelo governo deveriam considerar a formação rochosa do local, a profundidade, espessura das camadas, dentre outros elementos da geologia da região (NLB, 1979b).

²³ As usinas nucleares 1 e 2 de *Barsebäck* estão situadas a apenas 20 km da capital da Dinamarca, Copenhague. O governo dinamarquês solicitou à Suécia o fechamento das usinas sendo que a unidade de *Barsebäck* 1 deixou de funcionar em 30 de novembro de 1999 por força de um acordo entre o governo sueco e a *Sydkraft*, empresa proprietária das usinas. A usina 1 funcionou por 23 anos, 17 anos a menos da expectativa de vida prevista. Já *Barsebäck* 2 teve suas atividades encerradas em 31 de maio de 2005 por força da Lei de 18 de dezembro de 1997, sobre a Descontinuação Progressiva do Uso da Energia Nuclear, que entrou em vigor em 1º de Janeiro de 1998 (POWER-TECHNOLOGY, 2010; NLB, 2005a).

O operador-requerente ao apontar um possível local para o repositório, e o governo autorizando-o para recarregar reatores nucleares deveria aguardar ainda a análise da SKI e relatórios sobre aspectos técnicos geológicos do projeto *Kärnbränslesäkerhet – KBS*²⁴ (Segurança do Combustível Nuclear) (NLB, 1979b; ELAM e SUNDQVIST, 2009).

Em 07 de junho de 1979, a *time-for-consideration Act* (Lei denominada como “Lei um tempo para se considerar”) proibiu o carregamento de reatores nucleares com combustível nuclear. Ela foi uma medida que impedia o novo carregamento de reatores que não tivessem sido carregados até a data referida e não deveriam ser carregados até junho de 1980 (NLB, 1979b).

Esta lei foi um acordo entre cinco partidos políticos do Parlamento sueco com o objetivo de se realizar um referendo questionando a opinião pública sobre a continuidade de uso de energia nuclear no país (NLB, 1979b).

Em abril de 1981, foi aberto para assinaturas o Acordo sobre o Projeto Internacional *Stripa* lançado pela OCDE/NEA, que consistiu em um programa de investigação científica sobre a disposição geológica de rejeitos, o qual contou com a participação de países membros como os EUA, Finlândia, Japão, Suíça, Suécia, França e Canadá. O projeto foi realizado em uma mina abandonada de minério de ferro localizada em *Stripa* na região central da Suécia, sob a gestão da empresa AB *Svensk Kärnbränsleforsörjning (SKBF-Sweden: Companhia Sueca Fornecedora de Combustível Nuclear)*. A mina de *Stripa* em si não foi considerada um local adequado para ser um repositório, devido à extensão das atividades antigas de mineração, e foi decidido que resíduos radioativos não seriam utilizados durante o programa de teste. Contudo, como minas e poços já tinham sido escavados, tais situações proporcionaram oportunidade para se investigar características da geologia de rochas graníticas no subsolo para a disposição de HLW (NLB, 1981a).

A lei de 18 de junho de 1981, sobre o Financiamento de Futuros Gastos com Combustível Nuclear Irrradiado, entrou em vigor naquele ano no dia 1º de julho daquele ano. No tocante aos rejeitos e repositórios, em suma, estabeleceu que segundo a Lei de Energia Nuclear de 1956, o titular de uma licença para operar um reator nuclear para a geração de energia elétrica deveria ser responsável pelo

²⁴ Projeto que nasceu na década de 1970, quando o futuro da geração de energia nuclear na Suécia foi subordinada à capacidade da indústria nuclear demonstrar publicamente a possibilidade de alcançar a segurança “absoluta” do combustível nuclear (ELAM e SUNDQVIST, 2009).

combustível nuclear irradiado e os rejeitos radioativos, bem como pela sua disposição de modo seguro. Ele ainda, além dos custos de operação do reator, deveria ser responsável por custos de vigilância, remoção de rejeitos e fiscalização de repositórios, devendo também pagar taxa anual ao governo sueco pelo tempo que o reator estiver em operação. A taxa em questão deve ser proporcional à quantidade de energia gerada pelo reator. Destaca-se ainda que, segundo a lei, impõe-se ao Estado a responsabilidade total pelo gerenciamento de longo prazo e disposição dos rejeitos radioativos (NLB, 1982a).

A lei ainda criou o Conselho Nacional para o Combustível Nuclear que é o órgão do governo orientador dos operadores nucleares, devendo receber e administrar as verbas oriundas das taxas, dispor empréstimos, proceder a inspeção e vigilância de repositórios finais, desenvolver pesquisa e desenvolvimento na área nuclear e orientar descomissionamentos. Este órgão deve ainda avaliar o trabalho da *AB Svensk Kärnbränsleforsörjning* (SKBF), que representava os operadores de reatores e orientava o governo no campo nuclear (NLB, 1982b).

Em 1º de janeiro de 1983, a fase dois do projeto *Stripa* conduzido pela SKBF teve seu início e perdurou por mais quatro anos, sendo que, nesta fase, foi executado um programa de pesquisa para investigar a adequação de formações graníticas como um meio para isolar rejeitos radioativos de longa vida e também envolveu pesquisas em diversas áreas de importância crucial para a segurança dos repositórios em granito (NLB, 1983a).

Em 1984, entra em vigor a Lei de Atividades Nucleares de 1984 (*Nuclear Activities Act of 1984*) substituindo a Lei de Energia Atômica de 1956, bem como a Lei de Estipulação de 1977 sobre licenças especiais para carregar reatores nucleares com combustível nuclear e ainda a Lei de 1980 sobre uma Visão para a Segurança Pública do Trabalho em Usinas Nucleares. A Lei de 1958 sobre Proteção contra as Radiações, por outro lado, permaneceu basicamente inalterada (Lei com emendas de uma Lei de 14 de dezembro, 1973) (NLB, 1984a; NLB, 1989a).

Salienta-se que a Lei de Atividades Nucleares basicamente tratou sobre licenciamento, condições e supervisão de atividades nucleares e abrangeu a construção, posse e operação de usinas nucleares e também reatores e usinas de recuperação, produção, manuseio, processamento, armazenamento ou disposição final de substâncias e rejeitos nucleares (NLB, 1984a). Esta Lei de 1984 criou ainda o *Statens Kärnbränslenämnd – SKN* - (*National Board for Spent Nuclear Fuel*:

Conselho Nacional para Combustíveis Nucleares) que deveria enviar ao governo um parecer sobre, dentre outros assuntos, métodos alternativos de disposição e de manuseio de combustível e HLW (NLB, 1989a).

Somente em 19 de maio de 1988, veio vigorar um regulamento mais preciso para o SKN, que foi revisar, regular e fiscalizar as atividades das instalações nucleares no campo do combustível irradiado e gerenciamento de rejeitos radioativos, devendo ainda manter informado o público sobre tais atividades. Porém em 1º de Julho de 1992, os deveres do SKN foram transferidos para a SKI e o Conselho foi extinto (NLB, 1989a; NLB, 1993a).

Em 27 de maio de 1992, uma portaria atribuiu novas tarefas ao SKI, dando a este poderes de acompanhar o progresso no manuseio e armazenamento final de combustível irradiado e rejeitos radioativos e iniciar pesquisas e desenvolvimento de métodos de segurança no gerenciamento deste material. Este órgão também deve prestar assistência ao *Swedish Consultative Committee for Nuclear Waste Management (Statens råd för kärnavfallsfrågor - KASAM)*, fornecendo relatórios independentes sobre a disposição segura de rejeitos nucleares nos termos da lei de 1984 sobre atividades nucleares (NLB, 1993b).

Em 1995, devido à entrada da Suécia na comunidade Europeia, houve a emenda da Lei sobre Atividades Nucleares de 1984, para o país estar em consonância com o Tratado do Euratom. Neste sentido, foi estendida a proibição de disposição de combustível irradiado e rejeitos nucleares oriundos de outros países em armazenamento provisório, ou seja, os que estão na pendência de disposição final (NLB, 1995b).

Em 18 de dezembro de 1997, o Parlamento sueco aprovou a Lei sobre a Descontinuação Progressiva do Uso da Energia Nuclear, que entrou em vigor em 1º de Janeiro de 1998. A lei foi oriunda do projeto "Fonte de Energia Sustentável" e fazia parte do acordo interpartidário sobre as orientações para a política energética do país. A lei deu ao governo o direito de revogar uma licença de operação de um reator nuclear em data a ser decidida por aquele. A decisão e o tempo dos fechamentos dependeriam da decisão do Parlamento sobre a transformação do sistema energético (NLB, 1998a). Esta Lei de 1997 foi crucial para o fechamento da usina nuclear de *Barsebäck 2* – vide nota de rodapé 21 (NLB, 2005a).

Em 1º de janeiro de 1999, uma legislação importante e nova entrou em vigor na Suécia, o Código Ambiental, amalgamando 15 estatutos principais no campo

ambiental em uma versão consolidada. O Código possuiu grande alcance e foi aplicado a todas as operações que atingissem o meio ambiente, no âmbito comercial ou privado e, independentemente de a operação requerer ou não uma autorização. Tal Código foi mais rigoroso que textos anteriores, uma vez que visou promover o desenvolvimento sustentável da nação, bem como garantir um meio ambiente saudável e agradável para as gerações presentes e futuras (NLB, 1999a).

Algumas disposições e princípios foram confirmados neste código como o do "poluidor-pagador", o da "melhor tecnologia disponível". Também, a necessidade da avaliação de Impacto Ambiental (EIA) é necessária para dar base para a tomada de decisão sobre uma licença para um repositório de rejeitos (NLB, 1999a).

Em 24 de agosto de 2005, novos regulamentos da SKI sobre Proteção Física de Instalações Nucleares foram emitidos e adotados por ela, havendo a substituição de disposições relativas de licenciamento da proteção física de instalações nucleares. Isto ocorreu devido em parte à crescente ameaça de terrorismo em grande escala, como a de 11 de Setembro de 2001. Os regulamentos foram baseados na existência de novas ameaças agravadas em relação às instalações perigosas, obrigando-as a obedecer normas mais rigorosas, a fim de se proteger contra tais ameaças. Os regulamentos foram também em conformidade com as recomendações internacionais e da *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material* (Convenção sobre a Proteção Física de Material Nuclear)²⁵ (NLB, 2005b).

Em 5 de setembro de 2005, foram aprovadas orientações para a disposição geológica dos resíduos nucleares na Suécia, emitidas pelo *Statens strålskydds institut* - SSI (Instituto Sueco de Proteção contra a Radiação) na implementação de normas de 1998 relativas à proteção da saúde humana e ao meio ambiente, em conexão com o gerenciamento final de combustível nuclear irradiado e dos rejeitos radioativos (NLB, 2005b).

Na emissão das normas, o SSI desenvolveu aspectos importantes para o cumprimento das regulamentações, incluindo o de melhor tecnologia disponível (BAT - *Best Available Technique*), otimização, limite e análise de risco. O BAT

²⁵ Esta Convenção da AIEA foi assinada em Viena e em Nova Iorque em 03 de março de 1980. Ela é o único compromisso internacional juridicamente vinculativo na área de proteção física de material nuclear, estabelecendo medidas relativas à prevenção, detecção e punição de infrações relacionadas com material nuclear. Em julho de 2005, e por força do ataque terrorista de 11 de setembro contra os EUA, foi realizada uma alteração desta Convenção para fortalecer suas disposições (IAEA, 1979).

também deveria focar nas funções de barreira de um sistema de repositório, com o intuito de reduzir e protelar a liberação de emissões de substâncias radioativas das barreiras geológicas e de engenharia, significando que a cada passo na construção do repositório, o titular da licença deve objetivar para a melhor solução do projeto, do estabelecimento, construção e operação do repositório (NLB, 2005b).

Em 1º de julho de 2008, a SKI e a SSI se fundiram para se tornar a *Strålsäkerhetsmyndighete - SSM* (*Swedish Radiation Safety Authority: Autoridade Sueca de Proteção contra a Radiação*) englobando todas as funções das antecessoras e ainda a proteção contra as radiações e regulação da segurança nuclear (WNA, 2010f).

3.10.3 Situação atual dos repositórios na Suécia

Basicamente a estrutura legal para repositório na Suécia é composta pela indústria privada *Svensk Kärnbränslehantering AB*, SKB, a autoridade nacional SSM, um ministério de meio ambiente, os governos locais e a população e o governo.

A Suécia tem o gerenciamento de seus rejeitos nucleares de forma bem otimizada. A *Svensk Kärnbränslehantering AB*, - SKB (Empresa Sueca de Combustível Nuclear e Gerenciamento de Rejeito) que responde à SSM, foi criada em cumprimento à legislação relativa aos rejeitos (*Stipulation Act*) em 1977, para desenvolver um conceito abrangente para o gerenciamento e disposição de combustível irradiado e outros rejeitos radioativos (WNA, 2010f).

A SKB tem pesquisado desde 1976 e desenvolveu o sistema KBS-3 em 1984, (*vide* nota de rodapé 22) de repositórios, servindo de base para outros países do mundo.

O método de disposição consiste nas seguintes etapas:

- Os resíduos são dispostos em um primeiro armazenamento provisório por 30 anos (tempo para o esfriamento);
- Os resíduos são encapsulados em um recipiente (*canister*) de ferro;
- A cápsula de ferro é encapsulada em uma liga de cobre com ferro fundido pesando 25 toneladas e 5 metros de altura;

- A cápsula é depositada em uma camada de argila bentonítica, em uma perfuração circular com oito metros de profundidade e com um diâmetro de 2 metros, perfurado em uma caverna de 500 metros para baixo da rocha cristalina. A argila bentonítica absorve água e expande, dificultando o acesso da água subterrânea nos embalados.
- Quando a instalação de armazenamento estiver cheia, a perfuração é lacrada e o local marcado.
- Após 100 mil anos de armazenamento, o nível de radioatividade do rejeito será o mesmo que o de minério de urânio extraído para fazer o combustível nuclear.

A seguir na Figura 27, está ilustrado um modelo de repositórios da empresa sueca SKB:

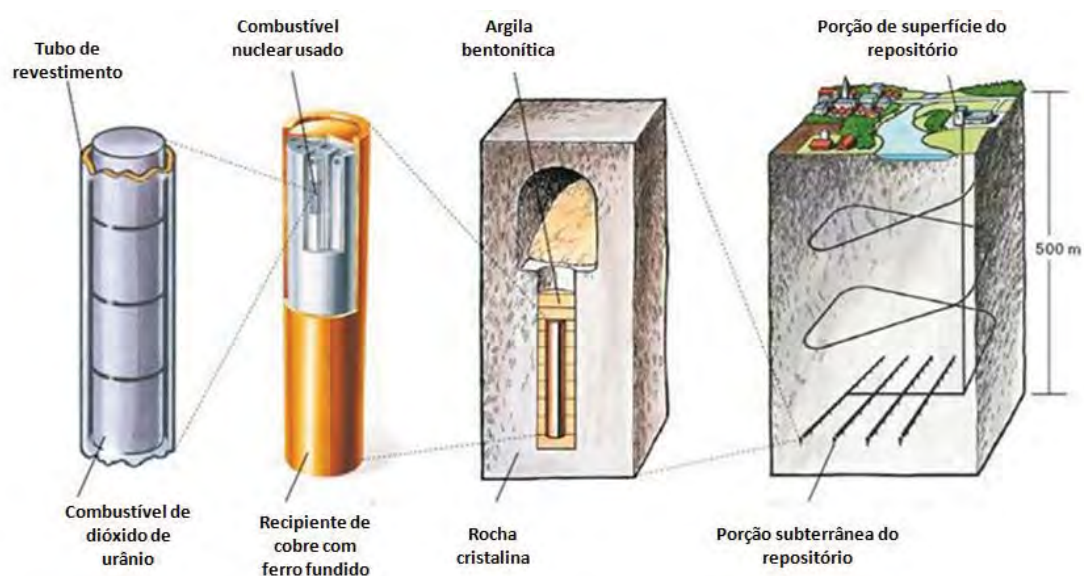


Figura 27 – Modelo de repositório geológico profundo para HLW (Fonte: SKB, 2010).

Na Figura 28 observa-se as dimensões das cápsulas comparadas a um humano:



Figura 28. Dimensões das cápsulas comparadas com um ser humano e a instalação do repositório (MKG, 2010).

Uma pesquisa pela SKB, realizada desde 1995 no Laboratório em Rocha de Äspö (na cidade de *Oskarshamn*), identificou características geológicas para um repositório final profundo. Procedimentos de seleção do sítio a partir de 2002 resultaram em dois municípios candidatos como locais para a instalação *Oskarshamn* (distritos de *Simpevarp* e *Laxemar* no sudeste da Suécia) e *Östhammar* (no vilarejo de *Forsmark* no sudeste do país). Ambos haviam sido selecionados por possuírem características rochosas potencialmente aptas, após estudos de viabilidade em oito outros municípios. Em abril de 2008, uma pesquisa independente em ambas as comunidades mostrou que 83% dos moradores de *Oskarshamn* e 77% em *Östhammar* apoiam o repositório futuro em sua própria localidade (WNA, 2010f).

Em junho de 2009, a SKB anunciou sua decisão de instalar o repositório em *Östhammar*, com base no fato do local ter a melhor geologia. Em abril daquele ano, a SKB assinou um acordo de investimento com ambos os municípios candidatos, especificando um investimento de dois bilhões de coroas suecas (o equivalente a 245 milhões de dólares). A SKB entrou com o requerimento de licença para construir

o repositório em 2010. Ela planeja começar as obras no sítio em 2013, com a construção completa a partir de 2015 e operação em 2023 (WNA, 2010f).

Sobre o LLW, ele está disposto nos sítios dos reatores, sendo que alguns são incinerados na unidade de incineração *Studsвик RadWaste*, no município de *Nyköpingn* no sudeste da Suécia.

Um repositório de disposição final para ILW (como materiais médicos e industriais) tem estado em operação desde 1988 perto do município de *Forsmark*, ao sul da Suécia. Ele tem capacidade para 63.000 m³ de rejeitos e recebe cerca de 1.000m³ por ano. Este local também será um repositório final HLW pleiteado pelo município de *Östhammar* (WNA, 2010f; SKB, 2010).

A instalação de armazenamento provisório da CLAB (*Centralt mellanlager för använt kärnbränsle 'Central holding storage for spent nuclear fuel* – Agência Central de Armazenamento de Combustível Irradiado) para combustível irradiado (considerado como de alto nível) está em operação desde 1985 em *Oskarshamn* (cidade costeira no sul da Suécia) e sua capacidade original de 5.000 toneladas foi ampliada para 8.000 toneladas, a fim de atender o combustível de todos os reatores atuais do país. O combustível irradiado é armazenado sob água em uma caverna rochosa subterrânea, por cerca de 40 a 50 anos. Este material já encapsulado em cobre e aço inoxidável será embalado com argila bentonítica se colocado a 500 metros de profundidade em um repositório de granito nos moldes vistos anteriormente (WNA, 2010f).

DISCUSSÃO

A evolução da legislação sobre os repositórios de rejeitos radioativos e a situação dos rejeitos nucleares convidam a um debate atual sobre o tema sob diversas óticas que serão sintetizadas na presente discussão.

Os rejeitos radioativos têm sido o ponto polêmico da energia nuclear, contudo, tem havido um consenso internacional de que as atividades de gerenciamento de rejeitos radioativos devam ser conduzidas sob os princípios éticos de proteção das gerações presentes e futuras e ainda de proteção ao meio ambiente.

Há também um entendimento sobre a necessidade de se estabelecer um marco legal, ou seja, um conjunto de leis e requisitos legais subsidiários, que conceda garantias necessárias para o desenvolvimento e financiamento daquelas atividades, dando garantias da continuidade e manutenção das instituições e de suas responsabilidades pelo tempo que for necessário.

A indústria nuclear é altamente regulada com leis e disposições regulatórias, muitas vezes complexas e sobrepostas, envolvendo vários ministérios, departamentos e/ou agências/entidades de governo ou privadas, deste modo as normas e procedimentos são muito complexos e embaraçados tornando o processo de tomada de decisão moroso e tardio.

Nota-se que a legislação, num plano geral, dos países não tem tratado de procedimentos técnicos específicos, como a profundidade exata e ideal de repositórios, tipos de solo, tipo de revestimento artificial e/ou natural apropriado, dentre outros fatores, para conter a radioatividade dos rejeitos. Assim os governos tem avaliado e endossado a viabilidade deste empreendimento por testes em laboratórios *in loco* por meio de conclusões e resultados apresentados pelos entes de pesquisa do setor.

Importante destacar que o assunto dos repositórios nucleares tem sido debatido na atualidade pelos países desenvolvidos que já não estão suprindo a capacidade das piscinas que contém o HLW nos prédios dos reatores, mas outra preocupação surge no sentido de se construir repositórios distantes das instalações dos reatores. A questão do transporte deste material da usina até o repositório necessita ser amplamente discutida, para se evitar problemas com acidentes e até ataques terroristas. Neste entendimento foi o ocorrido com a suspensão do projeto

estadunidense da montanha *Yucca*, além, obviamente, de outros fatores como a opinião pública do estado de Nevada - EUA.

Tratando deste assunto, a opinião pública nos países selecionados, em geral, tem sido amplamente negativa para com a energia nuclear, bem como com a aceitação da hospedagem de repositórios em seus municípios. Situação excepcional ocorreu na Suécia, onde as cidades de *Oskarshamn* e *Östhammar* disputaram a instalação de um repositório de HLW, onde a segunda foi a contemplada. A disputa basicamente se deu pelos projetos de investimento e desenvolvimento da cidade, onde após muitas discussões, debates e esclarecimento entre a empresa, comunidade e governo, a aceitação se deu naturalmente.

Mesmo com esta aceitação e a devida instalação, não se sabe ainda sobre os riscos atuais e futuros que um repositório pode vir causar à região que ele abriga, bem como, após fechamento do repositório, a remoção de toda a instalação da unidade de superfície e a cobertura do local, pairam dúvidas sobre o monitoramento, a reutilização da área (como por exemplo a viabilidade de loteamentos, futuras construções, dentre outros empreendimentos) ou o abandono. Neste entendimento, o assunto é muito delicado e recente não estando totalmente esgotado para o debate.

A preocupação do mundo sobre onde se armazenar o rejeito radioativo ganhou destaque no ano de 1978 em um encontro de comitê técnico realizado em Londres na Inglaterra coordenado pela AIEA, no qual alguns países apresentaram panoramas de suas legislações sobre o assunto e projetos de reformas legislativas futuras, para assim darem solução/destino aos rejeitos.

Poder-se-ia especular que este evento teve seu ensejo diante de artigos como o de Pierre Strohl e o Relatório Polvani, que serão vistos adiante, e notadamente das declarações de meados de 1970 do ganhador do prêmio Nobel de física Hannes Olof Gösta Alfvén que identificou requisitos essenciais para um gerenciamento de rejeitos em formações geológicas estáveis e a estabilidade das instituições humanas ao longo de centenas de milhares de anos. No entanto, nenhuma civilização humana conhecida jamais resistiu por tanto tempo com suas instituições. Além disso, nenhuma formação geológica de tamanho adequado para um repositório permanente ainda não foi descoberta para ser estável por um período tão longo.

Interessante notar que as legislações apresentadas ao comitê técnico da AIEA não condiziam necessariamente com o que elas dispõem na atualidade. Neste sentido, observa-se que a tecnologia, a legislação, e políticas de disposição de rejeitos mudaram muito em décadas, tendo como o cerne de preocupação o meio ambiente e a radiação. Assim é difícil de contar na atualidade com uma projeção de solução que daqui cerca de uma década tome novos rumos.

Os países estudados expuseram à AIEA preocupações e focos heterogêneos diante do assunto. A antiga URSS mostrou interesse em dispor os rejeitos no subsolo do país, mas enfatizou a aplicação/disposição de rejeitos líquidos por meio de fraturas hidráulicas; a antiga República Federal da Alemanha se deteve em estabelecer normas de autorização, segurança, licença e planejamento. Já os EUA estavam planejando solução para os rejeitos em experiências e armamentos nucleares, com interesse na disposição geológica de HLW e levando em conta a necessidade de se estabelecer atribuições específicas aos órgãos de controle do governo.

A França só estava armazenando os rejeitos e carecia de legislação específica, assim como o Japão.

Destaca-se a Suécia que com a lei de 1977 – a *Stipulation Act* - que condicionava o operador de energia nuclear a dar solução aos rejeitos antes de carregar os seus reatores, neste sentido, lançando o embrião e a necessidade de se criar políticas e legislações específicas para se lidar com o HLW oriundo de reatores nucleares comerciais.

Um ponto relevante nas legislações apresentadas foi a questão da terminologia empregada na lei, como por exemplo, a utilização de *authorization*, *licencing*, *approval* e *clearance*, exibindo o mesmo significado, bem como *disposal*, *deposit* e *élimination*, significando disposição. Na língua portuguesa os termos armazenamento, armazenagem, eliminação, disposição, deposição de rejeitos devem ser bem avaliados. Diante da margem de equívocos com tradução e interpretação de termos técnicos, observa-se que o assunto sobre a segura disposição de rejeitos carece de uniformidade e homogeneidade em sua terminologia.

Neste entedimento, pode-se julgar que, até o final da década de 70, os países desenvolvidos neste estudo apresentavam imaturidade legal para lidar com um tema

tão polêmico, sendo que tais termos foram uniformizados posteriormente no decorrer do amadurecimento da lei.

Num primeiro momento, fim dos anos 60, os repositórios eram pensados como um “túmulo eterno e inviolável” em que não haveria necessidade de intervenção humana por centenas de milhares de anos já que a instalação de “descarte” deveria ser projetada e “abandonada”, depois que o repositório fosse preenchido e devidamente lacrado e, obviamente, após os equipamentos da superfície serem removidos e descomissionados, atentando-se para a possibilidade de uso normal do solo da superfície.

Ainda deveria haver discussões sobre criação de uma legislação e um sistema de vigilância que fosse seguida e respeitada ao mesmo tempo por instituições e sociedade. Até então, as soluções encontradas foram de “descartar” o combustível irradiado ao invés de reprocessá-lo, alijamento no mar para os LLW e ILW e enterramento em formações geológicas para o HLW (POLVANI, 1977).

Para Strohl (1977), a grande questão de políticas regulatórias para a disposição de rejeitos em formações geológicas jazia no fato do tempo ser decisivo para o sucesso do empreendimento, nascendo a concepção que a legislação neste ponto deve ser imutável por milhares de anos, que é o tempo do decaimento radioativo de determinados radionuclídeos. Mas o autor apontou que tal situação estava fora da realidade humana, bem como a ocorrência da mutabilidade do direito, pois uma legislação não consegue ser permanente por milênios e as responsabilidades, atribuições, competências e obrigações governamentais sempre alteram.

Com relação a normas que devam perdurar por séculos ou milênios com o intuito de regular a administração dos repositórios, restou a questão da dinâmica e da mutabilidade da lei, que se adapta aos costumes e tradições de um povo, sendo que uma das principais funções do direito é o de proporcionar um grau de segurança e estabilidade que é um alicerce necessário para as relações sociais e estruturas políticas.

Strohl (1977), apesar de reconhecer a mutabilidade do direito, defendeu que há a possibilidade de continuidade de uma legislação por longos períodos de tempo, pois, a história das antigas nações europeias revelou numerosos exemplos de regras jurídicas específicas que duram vários séculos, sem efetivamente serem interrompidas. Consequentemente, uma garantia adicional de continuidade e

duração da lei sobre repositórios poderia ser com a suplementação de regulamentações nacionais e mecanismos por meio de acordos e tratados internacionais, tendo em conta o fato de que a disposição de rejeitos de longa duração tem implicações internacionais, naturalmente, levando a cooperação entre os países interessados.

Deste modo, para uma política legislativa sobre o descarte de resíduos radioativos de vida longa, deveriam ser levado em conta dois elementos: 1) as medidas necessárias para as operações de disposição e normas administrativas de vigilância deveriam ser de responsabilidade governamental por meio de agências ou empresas públicas, tendo funções de licenciamento, fiscalização, gestão geral, transporte, entrega e operação de descarte dos resíduos; 2) deveria ser levado em conta também outros mecanismos regulatórios com relação aos repositórios, quando do fechamento deles, pois, a responsabilidade de governos deve ser ainda maior no âmbito normativo e considerar elementos técnicos eficientes que possuam barreiras tecnológicas isolando o material vedado de entrar em contato com o meio ambiente, obedecendo medidas administrativas e legais cuja validade deveria ser por um período contínuo garantido mesmo após o descomissionamento do repositório.

Strohl (1977, 1990) concordou com Polvani (1977) no sentido de que apropriadas políticas regulatórias, como responsabilidade de governos e indústria, durante todo o processo desde a produção de rejeito até o seu descarte, e também planos administrativos como registro e vigilância deveriam feitas por um período considerável de tempo, tratando da responsabilidade de terceiros no caso de não observação da lei bem como indenização e finalmente a necessidade de planos financeiros adequados para cobrir solicitações de operadores nucleares, e tudo isto com aplicação internacional.

Mister se faz esclarecer que este posicionamento teve sua contribuição, mas não foi enfatizado o caso de ataques terroristas, catástrofes naturais e problemas com a tectônica e outros fatores, já que os repositórios são instalações nucleares merecendo proteção, alta regulação e supervisão rígida e reiterada por órgãos oficiais, assim resta inconsistente conciliar normas “milenaes” com uma administração imutável de um repositório.

Anote-se que, nos países selecionados, os repositórios geológicos são considerados instalações nucleares, devendo ser tratados como tais notadamente

pela preocupação de ataques terroristas disposta na *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material*, à qual os países selecionados são signatários.

Até então, muitos dos países desenvolvidos tem se utilizado do reprocessamento do combustível nuclear, enquanto a França, Canadá, EUA e Suíça estão considerando o conceito da *retrievability* (recuperabilidade, retirada de embalados de rejeitos) e *reversibility* (a reversibilidade, flexibilidade de se voltar a estágios na fase de concepção do repositório) do repositório, bem como o periódico acesso a ele, neste sentido mudando conceitos de cerca de três décadas (IAEA, 2008).

Outras questões tecnológicas estão em discussão em diversos países para a efetiva concepção do repositório geológico como a corrosão do cobre que faz parte do embalado do rejeito e o *racking* (arranjo/ compactação) e *re-racking* (rearranjo/ recompactação) de rejeitos em altas temperaturas para caberem nas piscinas, enquanto se aguarda seu esfriamento (que pode levar décadas) e a operação do repositório.

Em que pese a localização de um repositório, destaca-se a tentativa de criação de um repositório internacional do planeta. Num primeiro momento, foi sugerida a Austrália para abrigar este tipo de instalação entre 1998 e 2000. A ideia foi aventada pela *Pangea Resources Australia Pty Ltd*, que foi uma sociedade conjunta da *British Nuclear Fuels Limited* (antiga empresa britânica de disposição de rejeitos), *Golder Associates* (empresa canadense de geologia de engenharia para empreendimentos energéticos) e *Nagra* (que gerencia os rejeitos radioativos da Suíça) (HOLLAND, 2002; WNA 2011). Embora a Austrália não possua nenhum reator para energia nuclear, o movimento antinuclear no país fez pressão contra a ideia de uma instalação desse tipo, movimentações políticas do governo também rejeitaram a ideia (HOLLAND, 2002).

Um conceito geral para um repositório internacional continuou a ser desenvolvido por um dos diretores das empresas referidas. A Rússia manifestou interesse em servir como um repositório para outros países, mas não aceitou patrocínio ou controle por um organismo internacional ou grupo de outros países, dentre outros fatores. A África do Sul, Argentina e China também foram mencionados como possíveis localizações, mas tais questões atualmente estão fora de discussão (WNA, 2010g).

Pontos específicos da evolução da legislação nuclear e outros fatores no tocante aos repositórios geológicos e disposição de rejeitos radioativos dos países em estudos serão agora considerados.

Federação Russa

Não é de se espantar que o discurso sobre a regulamentação apresentada ao Comitê da AIEA em 1978 pela antiga URSS, sobre a disposição de rejeitos radioativos em formações geológicas, foi extremamente pró-governo devido à situação política da época.

Até 1995 não havia especificamente uma lei que regulasse as atividades nucleares no país, somente um projeto de lei sobre o uso da energia atômica e outro sobre uma política de governo sobre o gerenciamento de rejeitos radioativos, bem como textos esparsos sobre exportação, importação, usinas nucleares e substâncias radioativas.

Somente em 21 de novembro de 1995 o Presidente da FR promulgou a Lei sobre Uso de Atividades Nucleares na FR, dando assim um ordenamento jurídico definitivo no campo nuclear. Tal lei estabeleceu princípios sobre o uso da energia nuclear tanto para fins pacíficos ou para a defesa do país. Importante notar que o objetivo da lei foi criar uma estrutura legal na qual o Estado pudesse controlar e regular os direitos e deveres de cidadãos, departamentos de governos e empresas.

O principal órgão regulador do uso da energia nuclear foi o *MinAtom* que executava pesquisas técnicas, científicas e políticas organizacionais e podia planejar e implementar programas de gerenciamento de rejeitos

Na FR, a empresa estatal - *Rosatom Nuclear Energy State Corporation* *Rosatom* assumiu a indústria nuclear da FR em 2007, sendo que a subsidiária da *Rosatom* para a gestão de rejeitos radioativos é a *RosRAO*, que iniciou suas atividades em 2009, sob um regime temporário, até a finalização da regulamentação da lei de gerenciamento de rejeitos radioativos, que ainda carece de ajustes. Importante destacar que, de acordo com a legislação russa, os rejeitos radioativos não incluem o combustível nuclear irradiado e este não é da competência da *RosRAO*, mas da *Rosatom*.

Dentro de suas atividades, a *RosRAO* deve prover o gerenciamento do rejeito radioativo, como a recolha e triagem, o acondicionamento, o armazenamento, o transporte e o seu enterramento no meio geológico

Dos países em estudo, a FR vem se utilizando da injeção de rejeitos de reprocessamento de baixo e médio nível no fraturamento hidráulico.

O país tem apresentado sua legislação toda concentrada no Governo Federal possuindo basicamente duas agências estatais que tratam da questão dos rejeitos e cogitou em hospedar um repositório internacional para os rejeitos do planeta.

Índia

Dos países estudados nesta tese, cabe destacar que a Índia não faz parte do Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (*Non-proliferation of Nuclear Weapons Treaty* – NPT) devido a seu programa de armas. Assim, há 34 anos, o país foi excluído do comércio de reatores para usinas e materiais nucleares, o que tem dificultado o seu desenvolvimento da energia nuclear civil até 2009. Porém naquele ínterim, o país se utilizou de tecnologia nacional com reatores à base de tório.

O governo central realiza todas as tarefas associadas ao uso da energia nuclear e o programa nuclear indiano tem sido regido por entidades estatais até hoje.

O governo indiano tem reportado que busca o desenvolvimento da tecnologia nuclear para fins pacíficos, mas há de se ressaltar que devido à complexa posição geográfica e situações de fronteiras em que o país está, provavelmente a Índia tem posse de arsenal nuclear bélico para a defesa de seu território.

Destaca-se que, em abril de 2011, o Governo indiano anunciou que iria legislar para a criação de uma nova Autoridade Regulatória Nuclear da Índia que deve ser totalmente independente e autônoma, assim substituindo a AERB.

No país, a investigação sobre o local e a disposição de HLW de longa duração em um repositório geológico está em andamento pelo BARC, que é a estatal indiana responsável pela pesquisa.

República Popular da China

A China começou dar ênfase em suas atividades nucleares somente na década de 80, embora veio concretizar uma solução para a disposição de rejeitos e projetos de repositórios em 1999 com a criação de duas estatais com atribuições específicas: a CNNC e a *China Nuclear Engineering & Construction Corporation* - CNECC.

Pode-se aventar até sobre uma terceira estatal, *Everclean Environmental Engineering Corporation*, uma subsidiária da CNNC, fundada para lidar com LLW e ILW sólidos.

Pela política estabelecida pela "Conferência sobre práticas e questões para desenvolver o gerenciamento de rejeitos radioativos na RPC," o LLW e o ILW sólidos seriam de responsabilidade de cada província e cada município da RPC, devendo estes estabelecer instalações de armazenamento temporário de rejeitos.

No caso do HLW, a seleção do local para um repositório tem envolvido o governo nacional, regional, distrital e local. Neste sentido, nota-se que a RPC tem atuado em delegar responsabilidades entre as diversas esferas de governo e tecnicamente descentralizado o monopólio nuclear com a criação de três estatais para atuação no ramo.

Questiona-se a boa vontade do governo chinês em descentralizar o monopólio nuclear, devido ao autoritarismo governamental e mão pesada e controladora deste para com todos os ramos políticos e legais do país.

África do Sul

Já em 1993, o governo da África do Sul buscava um local para ser um repositório para rejeitos, mas teve um marco legislativo sobre o assunto somente em 1999. O órgão estatal NECSA tem sido responsável pela operação do repositório nacional de LLW e ILW em *Vaalputs* na cidade de *Springbok*, província do Cabo Setentrional (*Northern Cape*). O país, por força legal, deve criar o instituto nacional de disposição de rejeitos radioativos que deve partilhar, em tese, as atribuições e responsabilidade de rejeitos assumidas até então pela NECSA. Neste sentido, o país contará com duas estatais.

Alemanha

O país tem disponibilizado muitas informações sobre o andamento da legislação nacional, de decisões político-administrativas e ambientais. A legislação é muito acessível e o seu desenvolvimento histórico é de fácil consulta.

Seu marco legal sobre a legislação que tratou dos rejeitos se deu em 1972, embora esta norma não tenha sido muito abrangente bem como não tratou do HLW.

A Alemanha, assim como o Brasil, tem o campo nuclear regulamentado pelo Governo Federal, que assumiu a responsabilidade plena de operar repositórios geológicos, compartilhando apenas a coleta com os estados federados. Como mencionado país teve seu marco legal para tratar de rejeitos em 1972 e desde então tem aperfeiçoado a sua legislação.

Neste sentido, o país viu-se diante desta onerosa tarefa, a possibilidade legal de se utilizar terceiros, mas sempre com a supervisão de um órgão do Governo Federal (o BfS). Salienta-se que o país tem tido experiências no armazenamento de rejeitos em formações geológicas e minas abandonadas, sendo que alguns problemas estruturais e físicos de locais e tormentos factuais, jurídicos, de opinião pública e de licenciamento tem causado percalços ao governo alemão, embora o país tenha avançado na concepção e operação de um repositório “terceirizado e privatizado”.

A Alemanha não mais se utilizará da energia nuclear a partir do início da década de 2020, e já firmou este acordo com os operadores de eletricidade. Neste sentido, o país utilizará o carvão como fonte energética, mas se dispôs criar instalações de armazenamento de rejeitos. O país foi pioneiro neste tipo de medida dentre as grandes potências industrializadas do globo.

França

A França é um país que disponibiliza e torna pública e acessível sua legislação e alterações normativas. O país começou a legislação sobre a situação do gerenciamento dos rejeitos de modo efetivo no início da década de 80 com a criação efetiva da ANDRA que se tornou responsável pelo gerenciamento de rejeitos radioativos

em longo prazo, num primeiro momento e, em particular, dos repositórios, tanto diretamente, quanto por meio de terceiros que atuam com a mesma finalidade após alguns anos.

No início, o país não desejou deixar a ANDRA totalmente autônoma em suas atividades, tendo alterado diversas atribuições, responsabilidades e o ente a quem deveria ser subordinado.

O país conseguiu um grande avanço no campo nuclear bem como na linha de pesquisa em formações geológicas por meio dos *URLs* espalhados pelo território. O país pareceu ter começado mais tardiamente a legislar sobre o assunto dos repositórios e rejeitos mas utilizou do artifício de conceder e alterar responsabilidades à ANDRA, sem se ater tanto em ficar editando e emitindo normas individuais e específicas para outros órgãos e criando os mesmos, apenas moldando normativamente a atuação da ANDRA, neste sentido conseguindo acompanhar os seus países-pares desenvolvidos em cerca de duas décadas.

EUA

O acesso às informações dos EUA apresenta grande facilidade, pois, o país torna acessível muito material e transparência na legislação, assim, dispondo ao público considerável volume de informação sobre o andamento da regulação político-nuclear.

Até o final dos anos 70, os EUA não possuíam em sua legislação disposições específicas, relacionadas com o HLW, sendo que a NRC, com base na saúde pública e segurança, estava desenvolvendo uma estrutura regulatória de licenciamento para os repositórios geológicos que dependiam da aprovação do Congresso.

O grande marco na legislação se deu no mesmo ano que a França em 1982 com a *Nuclear Waste Policy Act of 1982* – NWPA que dispôs que o um repositório estivesse pronto para receber HLW e combustível irradiado para 31 de janeiro de 1998.

Interessante notar que a responsabilidade sobre o LLW é partilhada entre o Governo Federal e Estadual.

Um repositório no país tem estado em funcionamento no estado do Novo México, lidando com matérias nucleares provenientes de armas. Um segundo seria na montanha *Yucca*, no estado de Nevada, sob a responsabilidade do USDOE.

O país privatizou a atividade de lidar com rejeitos em favor de concessionárias que operam o setor nuclear, mas tem enfrentado agruras em dar continuidade ao projeto *Yucca*, pois, não cumpriu o prazo previsto bem como não atendeu questões ambientais, jurídicas e de transporte de rejeitos dentre outros fatos. Ainda, como o USDOE não possui uma instalação hábil para armazenar temporariamente os rejeitos até o envio definitivo ao repositório de *Yucca*.

Cabe destacar que, enquanto o USDOE é responsável pelo desenvolvimento e operação de um programa para a disposição e gerenciamento de LLW, ILW e HLW produzidos no âmbito dos programas do USDOE, órgãos federais como a NRC e USEPA são entidades de licenciamento e regulamentadoras de instalações nucleares.

Um ponto a ser ressaltado é que o campo nuclear estadunidense é voltado à administração federal, assim como no Brasil, mas nos EUA, outras agências têm o poder de normatizar e regular esta área como visto anteriormente.

Em um cenário onde o projeto *Yucca* foi suspenso devido a fatores de aceitação pública, disputas judiciais entre o estado de Nevada, o Governo Federal, os operadores de reatores e a USODE, surge a questão de como dar continuidade ao projeto de repositório do país por meio de pareceres da *Blue Ribbon Commission*, que dará, em tese, a palavra final ao Governo Federal.

Uma especulação acerca do assunto seria de que algum outro estado da nação se ofereça para: hospedar um repositório e começar um novo programa de análise geológica para uma instalação de disposição de rejeitos; revisar a função do Governo Federal no tocante à legislação nuclear, alterações severas à NWPA, pesquisas mais profundas sobre o ciclo do combustível, ou um repositório temporário centralizado enquanto se aguarda a definição de um repositório local.

Japão

O país, desde o início de seu desenvolvimento nuclear, tem promovido uma política priorizando o ciclo do combustível nuclear com destaque ao

reprocessamento feito por empresas estrangeiras. Atualmente, o país tem armazenado os rejeitos na forma estável – vitrificada – aguardando o seu resfriamento para, assim, dispô-los em alguma formação geológica profunda.

Em comparação com os países desenvolvidos deste estudo, o Japão começou a legislar sobre a questão dos rejeitos tardiamente, sendo que até meados de 1990, o país carecia de um regime jurídico adequado sobre a responsabilidade de guarda do material vitrificado, sobre a disposição final de HLW, medidas relativas ao financiamento desta disposição final e procedimentos de disposição e seleção do local de um repositório, o que somente ocorreu no ano de 2000 pela Lei n^o 117 - *Law on Final Disposal of High-Level Radioactive Waste*, que entrou em vigor no dia 1^o de novembro daquele ano.

A partir daí, o país começou a emitir normas e a executar a referida lei às pressas, sendo que a NUMO foi criada meses antes da lei entrar em vigor, sendo subordinada ao MITI. Este, por sua vez, após três meses, foi concebido como METI.

Esta lei, também chamada de Lei de rejeitos de alto nível, representou um marco revolucionário no “direito nuclear japonês”. No entanto, existiam muitos percalços jurídicos a serem solucionados para a idealização de um repositório, principalmente para lacunas específicas serem preenchidas. Além disso, a norma ficou carente de uma íntima integração com uma legislação ambiental.

Suécia

A Suécia, já no início dos anos 70, considerava a problemática do HLW, mas um marco na questão nuclear e dos rejeitos produzidos por este tipo de energia se deu em 1977 pela *Stipulation Act*.

O sistema KBS-3, desenvolvido pela empresa SKB de repositórios, vem servindo de base para outros países do mundo.

O país tem tomado uma atitude muito rígida para com a proteção do meio ambiente e o desenvolvimento do setor nuclear, dando muita transparência às questões envolvidas e participação pública ampla, podendo-se afirmar que a aceitação pública tem sido positiva ao se conceber um repositório geológico.

Brasil

Uma vez estabelecido o monopólio da União para legislar sobre as atividades nucleares, houve a necessidade de criação de instituições por meio de leis infraconstitucionais e, assim, a devida definição de atribuições para o exercício do referido monopólio (BARBOSA, 2011).

Pelo estudo da legislação, foi verificado que os principais órgãos responsáveis pelo exercício deste monopólio são a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, as Indústrias Nucleares do Brasil – INB, e a Eletronuclear .

A CNEN é o órgão superior de orientação, planejamento, supervisão, fiscalização, licenciamento e de pesquisa científica com suas subsidiárias; a INB é basicamente responsável pelas atividades abrangidas pelo ciclo do combustível nuclear; a empresa responsável pela geração de eletricidade a partir da energia nuclear é a Eletronuclear - Eletrobrás Termonuclear S.A.

A Lei nº 10.308 de 20 de novembro de 2001 está em vigor e é o norte legal sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, estando com a CNEN, como delegada da União, a responsabilidade por critérios, procedimentos e normas a serem adotados na seleção, construção, licenciamento, administração e remoção de rejeitos no país. A lei estabelece que os municípios que vierem a abrigar os depósitos de rejeitos “receberão mensalmente compensação financeira” estando vedada a importação de rejeitos.

Como visto a partir de norma geral como a Lei 10.308 de 2001, a CNEN já havia elaborado normas para a seleção de locais e outros itens para a disposição de rejeitos em repositório, sendo que o de Abadia de Goiás foi construído com base na norma 6.06 de 1989 da CNEN, com detalhes técnicos e específicos. Um ponto forte da Lei de 2001 foi no tocante à indenização financeira aos municípios hospedeiros dos repositórios, cabendo à CNEN projetar, construir, administrar e operar os depósitos finais e intermediários, podendo delegar essas atribuições a terceiros. O artigo 15 dispõe que é também da Comissão a responsabilidade pela remoção de rejeitos dos depósitos intermediários para os finais.

Cabe dizer que o repositório em operação no país serviu apenas para armazenar rejeitos e resíduos do acidente radiológico ocorrido em Goiânia, neste sentido, distorcendo sua utilidade e não podendo ser usado a outros fins.

Outra situação é a de se estabelecer um repositório em outro local, diante de legislações estaduais contrárias ao recebimento do rejeito. A questão será qual local estará candidato a receber o rejeito, bem como, se for utilizada a instalação de Abadia de Goiás como se dará o transporte seguro dos rejeitos da cidade de Angra dos Reis até Abadia de Goiás, pois o trajeto conta com 1.277 km pela BR 354 que cruza diversos municípios, é uma rodovia bem sinuosa considerada a mais alta do Brasil com uma altitude de 1670 metros.

De acordo com a Lei 10.308/01, questiona-se como está sendo feita a compensação financeira pela CNEN, estabelecida na lei, em favor das cidades de Abadia de Goiás e Angra dos Reis por estarem sediando rejeitos radioativos. Há também de se considerar outras cidades como Poços de Caldas (rejeitos de mineração), São Paulo (IPEN), Belo Horizonte (CTDN) e outros municípios que abrigam diversos tipos de LLW e ILW.

A CNEN como órgão estatal parece ter poderes demais para atuar no campo nuclear, pois possuem funções primordiais de controle, orientação, autorização, licenciamento, planejamento, pesquisa, fiscalização, supervisão e principalmente de regulação (emitindo normas), que estão concentradas apenas nela. Neste sentido Barbosa (2011) argumenta que esse monopólio não está sendo benéfico para o desenvolvimento da área nuclear, e tampouco para a própria economia do país, com um leque de atribuições diversas, centralizadoras e conflitantes.

Os países desenvolvidos, deste estudo, que por empresas privadas, privatizadas e até consórcios, realizam gerenciamento, projeto e a futura e definitiva concepção de um repositório de rejeitos, mas sempre com a supervisão do governo que no decorrer de sua evolução legislativa e política transferiu esta tarefa a estas corporações.

Em geral, os países deste estudo, realizaram diversas substituições e modificações de atribuições de várias agências reguladoras, criação, alteração e extinção de outras, bem como estabeleceram fundos para o pagamento do armazenamento dos rejeitos, tributos estes embutidos na tarifa de energia elétrica, enfatizando o princípio do poluidor-pagador.

O Brasil, por meio da CNEN, tem coordenado a situação dos rejeitos por meio de uma única empresa estatal, tendo assim atuado igualmente aos países do grupo BRICS, que assumiram esta tarefa por meio de estatais, mas, diferentemente, estes países tem partilhado este poder entre dois ou mais entes públicos.

Neste sentido, ao se descentralizar, de certo modo, o monopólio do governo, diluindo a responsabilidade de um modo saudável e abrangente, os programas nucleares de gerenciamento de rejeitos podem ser mais ágeis, eficientes e independentes.

A Tabela 3 compara os principais pontos dos países em estudo no tocante à legislação de repositórios geológicos para rejeitos radioativos.

Tabela 3 - Tabela comparativa sobre os principais aspectos dos países em estudo no tocante à legislação de repositórios geológicos para rejeitos radioativos.

País	Órgãos responsáveis pela disposição de rejeitos em repositórios	Tipo da entidade	Marco regulatório	Ano para a operação de um repositório geológico
Brasil	CNEN	Estatal	Lei 10.308 de 2001 e normas da CNEN 6.05 de 1985 6.06 de 1989 e 6.09 de 2002	2026
Federação da Rússia	RosRAO e Rosatom	Estatal	Lei Russa do Uso de Energia Atômica (de 21 de novembro de 1995)	2035
Índia	BARC e AERB	Estatal	<i>Atomic Energy (Safe Disposal of Radioactive Wastes) Rules, 1987</i>	Não definido
República Popular da China	CNNC, CNECC e <i>Everclean Environmental Engineering Corporation</i>	Estatal	Código de Segurança no Gerenciamento de Rejeitos Radioativos de Usinas Nucleares de 29 de agosto de 1991 e 2006 <i>R&D Guidelines for Geological Disposal.</i>	2050
África do Sul	NECSA e instituto nacional de disposição de rejeito radioativo a ser criado	Estatal	<i>National Nuclear Regulator Act of 1999</i> e a Política de Energia Nuclear de 2008 e a lei n.º 53 de 2008: <i>National Radioactive Waste Disposal Institute Act</i>	Não definido
Alemanha	BfS, BMU supervisionando corporações privadas	Privada	Lei de 07 de junho de 1972: <i>Abfallbeseitigungsgesetz</i> (Lei Federal de Disposição de Rejeitos)	2025
EUA	USDOE e NRC e concessionárias	Privadas	<i>Nuclear Waste Policy Act of 1982</i>	1998 – não cumprido
França	ANDRA e empresas privadas	Mista	Lei de 7 de novembro de 1979, foi editado decreto criando junto à CEA a <i>Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs</i>	2025
Japão	NUMO supervisionada pelo METI	Privada	Lei n.º 117 - <i>Law on Final Disposal of High-Level Radioactive Waste</i> de 2000	2030
Suécia	SSM supervisionando a corporação privada SKB	Privada	<i>Stipulation Law</i> de 1977	2023

CONCLUSÃO

O cerne de um sistema legal é sua função protetiva e sua continuidade e isto deve ser devidamente aplicado no caso de rejeitos radioativos que requerem planejamento de longo prazo e continuidade em sua política regulatória e a maioria dos países têm adotado legislação sobre operações de gerenciamento de rejeitos, criação de agências especializadas, constituição de fundos, dispositivos legais sobre responsabilidade e indenização sobre danos nucleares que a indústria nuclear está obrigada a cumprir.

Uma das características essenciais para o gerenciamento de rejeitos radioativos que contenham radionuclídeos de vida longa e assim contemplados pela estrutura legal de diversos países é a proteção do meio ambiente por meio de barreiras físicas artificiais e naturais que isolem o rejeito da mesma. Neste sentido é fundamental assegurar a integridade destas barreiras para se garantir a vida longa e alta segurança de repositórios. Também controles institucionais devem constantemente executar função de monitoração de radiação de no máximo de 100 a 300 anos e de repositórios vedados, por meio de autoridades regulatórias que devem manter registros e controlar a utilização do local.

Percebe-se que o “direito nuclear internacional” tem se desenvolvido ao longo dos últimos 50 anos e durante a maior parte de sua história, o seu foco principal tem sido de proteger pessoas e bens. A figura da proteção do meio ambiente tem estado em segundo plano e as convenções internacionais sobre responsabilidade civil nuclear amplamente ilustram este ponto.

A legislação ambiental “internacional” entrou no campo nuclear tanto diretamente, fazendo atividades nucleares sujeitas às leis ambientais internacionais quanto indiretamente, por meio da introdução do conceito de proteção ambiental na lei nuclear internacional. Recentes evoluções de leis internacionais, o acesso do público à informação nuclear, a participação pública na tomada de decisões e a prevenção e reparação dos danos ambientais causados por acidentes nucleares são provas de que a lei ambiental está de fato em evidência no campo nuclear e que seu significado está aumentando de forma constante.

A preocupação com relação aos rejeitos é a proteção do homem e a natureza por centenas de milhares de anos da radioatividade que deve ser considerado em escala geológica pela legislação dos países, sendo que a solução pelo repositório é

ainda duvidosa e precoce, pois o que se tem sido feito é criar barreiras que separam os radionuclídeos dos rejeitos no sentido de que quando eles atingirem o ambiente serão inofensivos ao meio.

A experiência internacional de órgãos regulatórios do setor nuclear bem como erros e acertos em suas concepções e responsabilidades, inclusive nos órgãos brasileiros, apresentam um ponto importante na modernização de uma legislação que preze pelas gerações futuras, o meio ambiente, trabalhadores, público e segmentos envolvidos na idealização de um repositório geológico que deverá ser concebido até meados de 2020, que será o ano de operação de diversos repositórios segundo previsão dos atos regulatórios dos países estudados.

Mas há de se pensar em programas grandes de energia nuclear e programas menores, no sentido de que um repositório para um programa pequeno possa comportar todo o tipo de rejeito.

No caso do Brasil, o projeto RBMN apresenta-se bem intencionado a lidar com o LLW e ILW, sendo que o HLW deve permanecer nas piscinas dos prédios com reatores.

Todos os países em estudo têm editado diversas legislações sobre o assunto dos rejeitos e repositórios geológicos, bem como tem criado, alterado e extinguido diversas agências no decorrer da evolução da legislação e políticas de governo. Com o Brasil, isto não tem sido diferente, somente pela persistência do monopólio de controle do setor nuclear pela CNEN.

O Brasil tem seguido as tendências dos países do BRIC, com a regulação de repositórios geológicos concentradas no Governo Federal – central – mas dispondo de uma única agência com monopólio de ações, atribuições, responsabilidades e tarefas para legislar no campo dos rejeitos e repositórios geológicos, contrariamente dos países desenvolvidos que delegaram esta tarefa a terceiros.

Acredita-se que com a descentralização do monopólio nuclear em favor de diversos entes públicos ou privados e/ ou privatizados a questão do fator econômico e da supervisão pode ser diluída. Neste sentido, economiza-se com pesquisa, encargos com contratação para o setor público e imediato avanço no setor de gerenciamento de rejeitos e sua deposição em repositórios, pois, esta medida de se delegar atribuições ou até privatizar o setor, já virá concebida com um *know-how* especializado, mas diga-se com uma relativa independência.

Analisando a legislação dos países desenvolvidos até final dos anos 70, eles não possuíam nada claro no campo de repositórios geológicos, apenas leis gerais e anseios de disposição de rejeitos no ambiente geológico. Nos países do BRICS a legislação foi concebida em geral após o ano de 2000.

Salienta-se que o Brasil, em sua legislação sobre repositórios, por meio do direito comparado, tem permitido legislações nacionais a contribuir com suas próprias exigências legais sobre as atividades realizadas no âmbito dos projetos nucleares no exterior. Assim, o direito comparado pode muito bem servir de base jurídica, ao abrigo do direito consuetudinário internacional, ao legislador nacional na elaboração de normas, todavia as conjunturas específicas do país devam ser levados em consideração.

Assim, a partir desta pesquisa podem ser deduzidas as áreas de principal preocupação do direito nuclear nos próximos anos: a busca da harmonização de legislações de modo razoável; o estabelecimento da legislação unificada nos países em desenvolvimento; o reforço da cooperação no seio das organizações internacionais; a introdução de regulamentação internacional adaptada para cada nação buscando a melhoria da segurança social e a proteção das gerações futuras e do meio-ambiente.

A responsabilidade de cada nação não deve estar limitada ao hoje, mas também ao amanhã, que se estende a um futuro incerto, pois, os rejeitos guardados agora influenciarão o meio ambiente e gerações vindouras. As incertezas são de vários tipos, sendo elas sociais, biológicas e geológicas, pois, para a sociedade humana mil anos é um longo tempo, sendo que para a meia vida do plutônio – 24 mil anos – em termos de tempo geológico, é um tempo muito difícil de previsão para a sociedade humana. O repositório deve ser pensado e construído de maneira que ele se torne parte da natureza onde está obviamente protegido pelo sistema de multibarreiras, não precisando de vigilância e manutenção a cargo, controle e responsabilidade de gerações futuras.

Diante da mutabilidade do próprio direito e das entidades reguladoras do setor nuclear, é difícil estabelecer uma legislação e garantir seu cumprimento pelas gerações sucessoras, assim o assunto sobre a legislação de repositórios geológicos necessita de mais debate, pesquisa, consistência e estudo, pois como afirmou Tennembaum (2009) não se deve olvidar que a energia nuclear corporificou uma revolução que, sete décadas após a descoberta da fissão nuclear, ainda se encontra

em suas fases iniciais, estando ainda “idade do bronze”. Neste entendimento a energia nuclear e suas consequências deveriam estar restritas ainda à pesquisas em pequena escala para que quando a humanidade estiver madura o suficiente para seu uso, poder utilizá-la em sua plenitude sem comprometimento do meio ambiente e das gerações futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEN – Associação Brasileira de Energia Nuclear. **Revista Brasil Nuclear**. Ano. 14. N. 34 2009. Disponível em: < <http://www.aben.com.br/publicacoes/brasil-nuclear/00000000004/a-estrategia-brasileira/00000000025>>. Acesso em: 12.jun.2012.

ACRE. **Constituição Estadual do Acre** (1989). Disponível em: <[http:// www.ac.gov.br/legislacao /constituicao/index.html](http://www.ac.gov.br/legislacao/constituicao/index.html)>. Acesso em: 20.nov.2009.

AEC - **Atomic Energy Commission; Government of India** (2011). Disponível em: < <http://www.aec.gov.in>>. Acesso em: 12.nov.2011.

AIKAS T. e P. Antilla. Repositories for low- and intermediate-level waste in Finland. **Reviews in Eng. Geology** 19, p. 67-71; 2008.

ALAGOAS. **Constituição Estadual de Alagoas** (1989).Disponível em: <[http:// www.mp.al.gov br/legba/ arquivo.asp?vCod=2.>](http://www.mp.al.gov.br/legba/arquivo.asp?vCod=2.). Acesso em: 20.nov.2009.

ALLGOV - 2010. **Obama Administration Withdraws Plans for Yucca Mountain Nuclear Dump**. Disponível em: <http://www.allgov.com/Top_Stories/ViewNews/Obama_Administration_Withdraws_Plans_for_Yucca_Mountain_Nuclear_Dump_100307> Acesso em: 13.nov.2011.

AMAZONAS. **Constituição Estadual do Amazonas** (1989). Disponível em: <<http://www.aeam.gov.br/documentacao/biblioteca/ConstAmazonas.pdf>. Acesso em: 20.nov.2009.

ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Editora Lúmen Júris Ltda, 2000, p. 505 – 515.

ANDRA - **Agence Nationale pour la Gestion Des Déchets Radioactifs** (2005); **Dossier 2005**. Andra research on the geological disposal of high-level long-lived radioactive waste Results and perspectives. Disponível em: < <http://www.andra.fr>

/download/ andra-international-en/document/editions/265.pdf> Acesso em: 13.nov.2011.

_____ (2009). L'histoire du Laboratoire souterrain. Disponível em: <<http://www.andra.fr/andra-meuse/pages/fr/menu18/le-laboratoire-souterrain/-histoire-du-laboratoire-souterrain-1512.html>>. Acesso em: 20.set.2009.

_____ (2010). Où sont les déchets radioactifs?. Disponível em: <<http://www.andra.fr/pages/fr/menu1/les-dechets-radioactifs/ou-sont-les-dechets-radioactifs-r-10.html>>. Acesso em: 20.set.2009.

ANGELINI, S. United States Nuclear Waste Policy Act. **Nuclear Law Bulletin** (1997). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-60-EN.pdf>>. Acesso em: 13.out.2011.

ARENA (2010). Nuclear **Waste: The Challenge of interim storage and long term disposal** 2010. Disponível em: <<http://www.arena-international.com/power/nuclear-waste>>. Acesso em: 23.mai.2010.

ATOMENERGOPROM JSC - **Joint Stock Company Atomic Energy Power Corporation Atomenergoprom** (2011). Disponível em: <<http://www.atomenergoprom.ru/en>>. Acesso em: 12.out.2011.

BABA, Y. The problems facing nuclear power in Japan emphasising law and regulations. **Nuclear Law Bulletin** (2002). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-69/nlb69-baba.pdf>>. Acesso em: 14.out.2011.

BAHIA. **Constituição Estadual da Bahia** (1989). Disponível em: <<http://www.ba.gov.br/legislacao.cfm>>. Acesso em: 20.nov.2009.

BALZANI, V. e ARMAROLI N. **Energy for a Sustainable World: From the Oil Age to a Sun-Powered Future**. 2.a ed. Weinheim, Alemanha. Wiley-VCH: 2011, p.95.

BARBOSA, J.A.M. Direito Nuclear – **Teconlogia nuclear: uma estratégia nacional de defesa**. Campinas, SP: Millennium Editora, 2011; p. 25,44, 71,77-96 ,

BARC - **Bhabha Atomic Research Centre** (2011). Disponível em: <http://www.barc.ernet.in/about/>>. Acesso em: 14.out.2011.

BENINSON, D. J.; GONZÁLEZ, A. J.; PALACIOS, E. e CIALLELLA, N. R. ,1986.**The Argentine radioactive waste repository: Basic criteria, preliminary siting and design conceptual basis**. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/q05224t6vg1mlr4x/>>. Acesso em: 16.out.2010.

BERGES, G. Reglementation Française relatif à l'élimination des déchets radioactifs dans le sol (1980). **International Atomic Energy Agency. Regulatory Aspects of Underground Disposal of Radioactive Waste**. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_230_web.pdf. Acesso em: 15.ago.2010.P. 57-61.

BERNARDO-FILHO, M., BERNARDO L. C., BRITO L. e SANTOS-FILHO, S. D., 2008. **Aplicação de fontes radioativas em pesquisa, no diagnóstico e no tratamento de doenças: uso de fontes de radiação na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologia para potencial aplicação no diagnóstico de doenças e a importância da radiofarmácia**. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/57ra/programas/CONF_SIMP/textos/mariobernardo.htm>. Acesso em: 15.out.2010.

BFS - **Bundesamt für Strahlenschutz** (2011). Disponível em: <http://www.bfs.de/de/endlager/endlager_morsleben>. Acesso em: 20.out.2011.

BMU - **Bundesministerium für Umwelt Natur-schutz und Reaktorsicherheit** (2010). Disponível em: http://www.bmu.de/english/the_ministry/tasks/principal_functions/doc/3094.php>. Acesso em: 17.jul.2010.

_____ (2011). Foto interna do repositório de Morsleben. Disponível em: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/jc_morsleben.pdf>. Acesso em: 17.jul.2010.

BMW - **Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie** (2008). Disponível em: <<http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/final-disposal-of-high-level-radioactive-waste,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=en,rwb=true.pdf>>. Acesso em: 17.jul.2010.

BRASIL. Lei 1.310, de 15 de janeiro de 1951 (1951). **Cria o Conselho Nacional de Pesquisas e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-1310-15-janeiro-1951-361842-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Decreto 39.872 31 de agosto de 1956 (1956a). **Cria o Instituto de Energia Atômica e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1950-1959/decreto-39872-31-agosto-1956-333144-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Decreto 40-110 10 de outubro de 1956 (1956b). **Cria a Comissão Nacional de Energia Nuclear, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=111208>>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Lei n.º 4.118, de 27 de agosto de 1962 (1962). **Dispõe sobre a política nacional de energia nuclear, cria a Comissão Nacional de Energia Nuclear, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4118.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Decreto n.º 51.726, de 19 de fevereiro de 1963 (1963). **Aprova o Regulamento para execução da Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D51726.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL, 1971. Lei n.º 5.740, de 1º de dezembro de 1971 (1971). **Autoriza a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) a constituir a sociedade por ações Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear - C.B.T.N., e dá outras**

providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L5740.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Decreto n.º 70.855, de 21 de julho de 1972 (1972). **Regula a execução do disposto nos artigos 15, 16 e 17 da Lei nº 5.740, de 1 de dezembro de 1971.** Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-70855-21-julho-1972-419542-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Lei n. 6.189, de 16 de dezembro de 1974 (1974). **Altera a Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962, e a Lei nº 5.740, de 1 de dezembro de 1971, que criaram, respectivamente, a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN e a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear - CBTN, que passa a denominar-se Empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima - NUCLEBRÁS, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6189_compilada.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Decreto nº 75.569, de 7 de Abril de 1975 (1975). **Dispõe sobre a estrutura básica da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-75569-7-abril-1975-424099-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Lei n.º 6.453, de 17 de outubro de 1977 (1977). **Dispõe sobre a responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com atividades nucleares e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6453.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Lei n.º 6.571, de 30 de setembro de 1978 (1978). **Dispõe sobre o regime jurídico do pessoal da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L6571.htm#art8>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Constituição (1988a). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/principal.htm>. Acesso em: 20.nov.2009.

BRASIL. Decreto-lei n.º 2.464, de 31 de agosto de 1988 (1988b). **Altera a denominação da Empresas Nucleares Brasileiras S.A. - NUCLEBRÁS, transfere bens de sua propriedade, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del2464.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Lei n.º 7.781, de 27 de junho de 1989. (1989). **Dá nova redação aos artigos 2º, 10 e 19 da Lei nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7781.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Decreto n.º 99.274, de 6 de junho de 1990 (1990). **Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D99274.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Decreto n.º de 23 de maio de 1997 (1997). **Autoriza a Cisão de Furnas - Centrais Elétricas S.A., Altera o Objeto Social da Nuclen - Engenharia e Serviços S.A., Autoriza a Transferência da Autorização para Construção e Operação da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto e da outras providências**. Disponível em: <<http://br.vlex.com/vid/cis-objeto-nuclen-almirante-alvaro-34319077>>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Medida provisória n.º 1.911-8, de 29 de julho de 1999 (1999). **Altera dispositivos da Lei no 9.649, de 27 de maio de 1998, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/Antigas/1911-8.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Lei n.º 10.308, de 20 de novembro de 2001 (2001). **Dispõe sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10308.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. Decreto n.º 4.899, de 26 de novembro de 2003 (2003). **Aprova alterações no Estatuto Social da Eletrobrás Termonuclear S.A. - ELETRONUCLEAR, aprovado pelo Decreto de 23 de dezembro de 1997.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4899.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRASIL. DECRETO DE 2 DE JULHO DE 2008 (2008). **Cria o Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Dnn/Dnn11674.htm>. Acesso em: 15.jul.2010.

BRC - **Blue Ribbon Commission** (2010). Disponível em: <http://brc.gov/index.php?q=search_pages/yucca>. Acesso em: 10.jul.2010.

CALMET, D. P. Ocean Disposal of Radioactive Waste: Status Report. **IAEA Bulletin** (1989). Disponível em: <<http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull314/31404684750.pdf>>. Acesso em: 20.jul.2010. p. 47-50.

CARSON, R. L. **Silent Spring**. EUA: Editora Gaia, 2010. 328 p.

CEARÁ. **Constituição Estadual do Ceará** (1989). Disponível em: <<http://www.al.ce.gov.br/>>. Acesso em: 12.nov.2007.

CIPRIANI, M. **Mitigação dos Impactos Sociais e Ambientais Decorrentes do Fechamento Definitivo de Minas de Urânio** (2002). 332p. Tese (Doutorado em

Administração e Política de Recursos Minerais) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – SP.

CNEN – **Comissão Nacional de Energia Nuclear** (1985). CNEN-NE-6.05; dezembro/1985. Resolução CNEN 19/85. Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm605.pdf>>. : 10.nov.2009.

_____ (1989a). CNEN-NN-6.04; janeiro/1989. Resolução CNEN 31/88 Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm604.pdf>>. Acesso em: 10.nov.2009.

_____ (1990) CNEN-NN-6.06; dezembro/1989. Resolução CNEN 14/89. Seleção e escolha de locais para depósitos de rejeitos radioativos. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm606.pdf>>. Acesso em: 10.nov.2009.

_____ (2002). CNEN-NN-6.09; setembro/2002. Resolução CNEN 12/2002. Critérios de aceitação para deposição de rejeitos de baixo e médio níveis de radiação. Disponível em : <<http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm609.pdf>>. Acesso em: 21.jul.2010.

_____ (2003). CNEN–NN-4.01; janeiro/2005. Resolução 0217/04 . Requisitos de segurança e proteção radiológica para instalações mínero-industriais. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/mostra-norma.asp?op=401>>. Acesso em: 15. jul.2010.

_____ (2006) Normas Revogadas. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/revogadas.asp#>>. Acesso em: 15. jul.2010.

CNNC – **China National Nuclear Corporation** (2011). Disponível em: <<http://www.cnncc.com.cn/tabid/643/Default.aspx#>>. Acesso em: 25. jul.2010.

CRCN-CO - **Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste** - CRCN-CO. Disponível em: <<http://www.crcn-co.cnen.gov.br/documentos/Projeto%20RBMN.pdf>>. Acesso em: 25. mai.2010.

DAE - **Department of Atomic Energy** (1987). Disponível em: <<http://www.dae.gov.in/rules/waste.pdf>>. Acesso em: 25. mai.2010.

DBE - **Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern** (2010). Disponível em:<<http://www.dbe.de/en/about-dbe/index.php>>. Acesso em: 14.ago.2010.

EESL - **Los Alamos National Laboratory**. (2006). Disponível em: <<http://ees.lanl.gov/archive/actinied.shtml>>. Acesso em: 18.ago.2011.

ELAM, Mark; SUNDQVIST, G. 2009. **Risk Research**. The Swedish KBS project: a last word in nuclear fuel safety prepares to conquer the world?.Vol. 12, edição 7-8. Disponível em: <<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=a11~content=a917051723~frm=abslink>>. Acesso em: 15.ago.2010.

ELETRONUCLEAR. **Eletronuclear - Eletrobrás Termonuclear S.A.** (2010). Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/perguntas_respostas/perguntas_respostas.php?id_categoria=4&id_subcategoria=17>. Acesso em: 15.ago.2010.

ENERGY. **Department:Energy – Republic of South Africa** (2012). Disponível em: <http://www.energy.gov.za/files/nuclear_frame.html> Acesso em 25.fe.2012.

EURO-LEX; **Europa.eu** (2011). Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=PT&numdoc=392L0003&model=guichett>. Acesso em: 15.ago.2010

FCF – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. **Metodologia e aplicações de radioisótopos** (2002). Disponível em:

<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/LinkAula/My-Files/acidente_radiologico-Goiania.htm>. Acesso em: 12.ago.2011.

FEPC - **Federation of Electric Power Companies** (2011). Disponível em: <http://www.fepec.or.jp/english/about_us/index.html>. Acesso em: 10.nov.2011.

FIG, D., 2005. **Uranium road: questioning South Africa's nuclear direction**. Johannesburg: Jacana Media, 2005 pp. 61–63. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=JjNWRmiJ1FUC&pg=PA62&hl=pt-BR&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12.ago.2011.

FISHERHOF, H. Atomic Energy Law from 1967 to 1969- Status and Prospectus; in NLB, 1970. **Nuclear Law Bulletin** (1970). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-06-EN.pdf>>. Acesso em: 15.nov.2010.

FORINASH, B. 2002. The US National System for Disposal of High-level and Transuranic Radioactive Wastes: Legislative History and its Effect on Regulatory Approaches. **Nuclear Law Bulletin** (2002) Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-69/nlb69-forinash.pdf>>. Acesso em : 11.out.2011.

GOIÁS. **Constituição Estadual de Goiás** (1989). Disponível em: <<http://www.ce.gov.br/publicacoes/constestatal/sumario.htm>>. Acesso em: 10.nov.2009.

GOOGLEMAPS - **Googlemaps** (2011). Disponível em: <<http://maps.google.com.br>>. Acesso em: 10.nov.2011.

GS - **Goldman Sachs** (2010). Disponível em: <<http://www2.goldmansachs.com/careers/our-firm/locations/united-states/history-growth.html>>. Acesso em: 11.nov.2011.

GUPALO, T.A., Kudinov, K. G.; Jardine, L. J.; Williams, J. (2004) Creation and plan of an underground geologic radioactive waste isolation facility at the Nizhnekansky rock massif in Russia. **Waste Management Symposium Tucson, AZ, United**

States; Lawrence Livermore National Laboratory. Disponível em: <<https://e-reports-erxt.llnl.gov/pdf/313754.pdf>>. Acesso em: 11.nov.2011.

HIROMOTO,G; DELLAMANO, J.C.; MARUMO, J.T.; ENDO, L.S.; VICENTE, R.; HIRAYAMA, T. Introdução à gerência de rejeitos radioativos. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. **Departamento de Rejeitos Radioativos.** São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.asec.com.br/v3/docs/Doc_Encontro04_GoroHiromoto.pdf>. Acesso em: 14.ago.2010.

HOLLAND, I.; Waste Not Want Not? Australia and the Politics of High-level **Australian Journal of Political Science.** Nuclear Waste Volume 37, Issue 2, 2002 p. 283-30. 2011. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10361140220148151>>. Acesso em: 23.nov.2011.

HORST, H.W. ZUR. Regulatory aspects of underground disposal of radioactive waste in the Federal Republic of Germany (1980). International Atomic Energy Agency. **Regulatory Aspects of Underground Disposal of Radioactive Waste.** Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_230_web.pdf>. Acesso em: 15.ago.2010.p 63-65.

IAEA - **International Atomic Energy Agency** (1980). Convention on the Physical Protection of Nuclear Material. Disponível em: <<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Conventions/cppnm.html>>. Acesso em: 15.ago.2010.

_____ (1994). Siting of Geological Disposal Facilities. A safety guide. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub_952e_web.pdf>. Acesso em: 14.out.2010.

_____ (2001).The use of scientific and technical results from underground research laboratory investigations for the geological disposal of radioactive waste. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1243_prn.pdf>. Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2006) Geological Disposal of radioactive waste. Disponível em : <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1231_web.pdf>. Acesso em 12.out.11.

_____ (2007). Germany Profile. Disponível em: <<http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/cnpp2007/countryprofiles/Germany/Germany2006.htm>>. Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2008). The Retrievability and Reversibility (R&R) Project. Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/rwm/rr/>>. Acesso em 22.nov. 2011.

_____ (2011a). Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Disponível em:<http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical_Areas/WTS/nearsurface_disposal.html>. Acesso em: 14.ago.2011.

_____ (2011b). Overview of Disposal Options. Disponível em: <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical_Areas/WTS/geologicaldisposal_options.html>. Acesso em: 14.ago.2011.

INB - **Indústrias Nucleares do Brasil**. Fábrica de Combustível Nuclear Componentes e Montagem (2011). Disponível em: <http://www.inb.gov.br/inb/webforms/Interna2.aspx?secao_id=56>. Acesso em 21.out. 2011.

ISHIMURE, M. **Paradise in the Sea of Sorrow**: Our Minamata Disease. Center for Japanese Studies. University of Michigan. 2003. 379 p.

JAEA - **Japan Atomic Energy Agency** (2011a). Disponível em: <<http://www.jaea.go.jp/english/about/our-history.shtml>>. Acesso em 14.nov. 2011

_____ (2011b) Disponível em: <<http://www.jaea.go.jp/english/04/horonobe/index.html>>. Acesso em 11.nov. 2011.

JARDINE, L., 2011,GUPALO, T.A.; Geologic Repository Plan for Disposal of PU-Containing and other Radioactive Materials in Russia. **Technical Information Department's Digital Library. Lawrence Livermore National**

Laboratory.<http://www.llnl.gov/tid/Library.html>.<https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/241272.pdf> p. 20

KENDORSKI, F.S.; A Geologic High Level Nuclear Waste Repository Considered as an Underground Facility Design Problem - **Onepetro** (1984). Disponível em: <<http://www.onepetro.org/mslib/servlet/onepetropreview?id=ARMA-84-1214&soc=ARMA&speAppNameCookie=ONEPETRO>>. Acesso em :16.ago.2010.

KONRAD - **Endlager-konrad** (2010). Disponível em: <http://www.endlager-konrad.de/cIn_153/nn_1078232/EN/Subjects/Suitability/_node.html?__nnn=true>. Acesso em: 16.ago.2010.

KUDRYAVTSEV, E.G.; GUSAKOV STANYUKOVICH, I.V.; KAMNE, E.N.; LOBANOV, N.F.; BEYGU, V.P. Construction of a deep geological disposal facility for final isolation of high-level waste in the Nizhnekansky rock massif (2008). **International Atomic Energy Agency**. Disponível em: <<http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/CEG/documents/ws022009/4-5.%20Programs%20for%20Deep%20Geological%20Repositories%20and%20Underground%20Labs/4.7%20Creation%20of%20DGR%20in%20Krasnoyarsk%20Region%20Engl.pdf>>. Acesso em: 17.nov.2011.

KÜHNE, G.; Judicial Progress in Germany's Nuclear Waste Disposal Policy - The Konrad Repository Decisions of 26 March 2007. **Nuclear Law Bulletin (2007)**. Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-80/documents/009_019_ArticleKuhneG.pdf>. Acesso em: 15.out.2011.

LARSSON, A. Regulatory Aspects for underground disposal in Sweden. **International Atomic Energy Agency. Regulatory Aspects of Underground Disposal of Radioactive Waste**. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_230_web.pdf>. Acesso em: 15.ago.2010.p. 89-90.

LNEG - **Laboratório Nacional de Energia e Geologia** (2011). Disponível em : <http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.aspx?>. Acesso em: 22.nov.2011.

MACHADO, P. A.L.; **Direito Ambiental Brasileiro**. 20ª edição. São Paulo: Malheiros editores, 2012. p. 802 -813.

MALARO, J. C. ; Regulating underground disposal of radioactive waste in the United States (1980). **International Atomic Energy Agency. Regulatory Aspects of Underground Disposal of Radioactive Waste**. Disponível em: < http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_230_web.pdf . Acesso em: 15.ago.2010.p. 11-20.

MANNULLY Y. T.; U.S.–India Nuclear Cooperation and Non-Proliferation. **Nuclear Law Bulletin** (2008). Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlbr/documents/009_026_ArticleMannullyYash.pdf>. Acesso em 21.out.2011.

MATO GROSSO. **Constituição Estadual do Mato Grosso** (1989). Disponível em: <www.al.mt.gov.br/v2008/doc/CONSTITUICAOMT.pdf> Acesso em 20.dez.2011

MKG - **Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning** (2010). Disponível em: <<http://mkg.se/en/welcome-to-the-swedish-ngo-office-for-nuclear-waste-review-kg>>. Acesso em 21.out.2011.

MCCOMBIE , C., 2004, CHAPMAN, N.; IAEA (2004). Developing and Implementing Multinational Repositories: infrastructural framework and scenarios of co-operation. TECDOC 1413 e McCombie, C. and Chapman, N. (2004). Nuclear Fuel Cycle Centres - an Old and New Idea. **Annual Symposium of the World Nuclear Association**, London, 8-10 September 2004. Disponível em: <http://world-nuclear.org/info/inf21.html>. Acesso em 25.set.2011.

MCCORMICK, J.; Rumo ao paraíso. **A história do movimento ambientalista**. Tradução de Marco Antonio Esteves da Rocha e Renato Aguiar. Rio de Janeiro: Relume Dumará. 1999, p.86.

METI - **Ministry of Economy, Trade and Industry** (2012). Disponível em:<<http://www.meti.go.jp/english/aboutmeti/index.html>>. Acesso em 25.fev.2012.

MONT-TERRI. **Mont Terri Project** (2010). Disponível em: <<http://www.mont-terri.ch>>. Acesso em: 17.ago.2010.

MOROV, V.N.; KOLESNIKOV, I.Yu.; TATARINOVA, T.A. The Prediction for stressed-deformed conditions of the Nizhnekansky rock massif as a possible zone for disposal of radioactive wastes (2009). **науки о земле (Ciências da Terra)**, ed. 14. Disponível em: <http://www.kscnet.ru/kraesc/2009/2009_14/art10.pdf>. Acesso em 16 nov, 2011.

MURANO, T., ASANO, T.; MATSUBARA, N.; Regulatory aspects of underground disposal of radioactive waste in Japan. **International Atomic Energy Agency. Regulatory Aspects of Underground Disposal of Radioactive Waste**. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_230_web.pdf> . Acesso em: 15.ago.2010.p. 11-2; p. 67-74.

MRE – **Ministério das Relações Exteriores** - Itamaraty (2011). BRICS - Agrupamento Brasil-Rússia-Índia-China-África do Sul. Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/temas/mecanismos-inter-regionais/agrupamento-brics>>. Acesso em 21.mai. 2011.

NEA – **Nuclear Energy Agency**. Statute of the OECD Nuclear Energy Agency (2010). Disponível em: <<http://www.nea.fr/nea/statute.html>>. Acesso em: 17.ago.2010.

_____ (2008). **Statute of the OECD Nuclear Energy Agency**. Disponível em: <<http://www.nea.fr/rwm/reports/2008/nea6433-statement.pdf>> Acesso em: 14.ago.2010.

NECSA - **South African Nuclear Energy Corporation** (2011). Disponível em: <<http://www.necsa.co.za/Portals/1/Documents/4d04001c-20fd-40a5-a871-04daa8447ab5.pdf>>. Acesso em: 14.ago.2010.

NEI - **Nuclear Engineering International** (2004). Disponível em: < <http://www.neimagazine.com/story.asp?storyCode=2025199>>. Acesso em: 10.ago.2010.

NIROND – **The Belgian Agency for Radioactive Waste and Enriched fissile Materials. Surface** disposal of radioactive waste (2011). Disponível em: < http://www.nirond.be/engels/7.5.1_oppervlakte_eng.html>. Acesso em: 17.mai.2010.

NLB - **Nuclear Law Bulletin** (1968). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-01-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1969). Disponível em: < <http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-04-SUP.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1970). Disponível em: < <http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-06-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1973a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-11-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1973b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-12-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1973c). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-13-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1974a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-13-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1974b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-14-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1974c). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-14-SUP.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1975a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-17-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1975b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-15-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1976a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-18-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1976b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-18-SUP.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1977a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-19-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1977b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-20-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1977c). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-21-SUP.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1978). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-22-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1979a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-23-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1979b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-24-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1980a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-25-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1980b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-26-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1981a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-27-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1981b). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-28-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1982a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-29-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1982b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-30-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1983a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-31-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1983b). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-32-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1984a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-33-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1984b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-34-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1985a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-35-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1985b). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-36-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1986a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-37-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1986b). Disponível em: < <http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-38-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1987a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-39-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1987b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-40-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1988a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-41-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1988b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-42-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1989a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-43-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1989b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-44-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (NLB, 1989c). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-46-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1990a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-45-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1990b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-46-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1991a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-47-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1991b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-48-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1992a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-49-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1992b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-50-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1993a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-51-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1993b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/nlb-52.html>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1994a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/nlb-53.html>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1994b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/nlb-54.html>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1995a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-55-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1995b). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-56-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1996a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/nlb-57.html>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1996b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-58-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1997a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-59-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1997b). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-60-EN.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (1998a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-61/legis.pdf>>. Acesso em: 23.out.2010.

_____ (1998b). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-62/legis.pdf>>. Acesso em: 23.out.2010.

_____ (1999a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-63/legislation.pdf>>. Acesso em: 23.out.2010.

_____ (1999b). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/Nlb-64/nationleg.pdf>>. Acesso em: 13.out.2010.

_____ (1999c). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/Nlb-64/agreements.pdf>>. Acesso em: 13.out.2010.

_____ (2000a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/Nlb-65/national.pdf>>. Acesso em: 13.out.2011.

_____ (2000b). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/Nlb-66/033-054.pdf>>. Acesso em: 13.out.2011.

_____ (2001a). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/nlb-67/>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (2001b). Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-68/053_072.pdf> Acesso em: 22.out.2010.

_____ (2002). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-69/nlb69-natl-leg.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

_____ (2003). Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-71/057_083.pdf>. Acesso em: 23.out.2010.

_____ (2005a). Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-75/111_130.pdf>. Acesso em: 23.out.2010.

_____ (2005b). Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-76/069_093.pdf>. Acesso em: 20.out.2011.

_____ (2006a). Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-77/049_064.pdf>. Acesso em: 20.out.2011.

_____ (2006b). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-78/037-039.pdf>>. Acesso em: 20.out.2011.

_____ (2007a). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-79/057-058%20-%20Case%20Law,%20Administrative%20Decisions.pdf>>. Acesso em: 20.out.2011.

_____ (2007b) Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-80/documents/071_091_NationalLegislativeandRegulatoryActivities.pdf>. Acesso em: 20.out.2011.

_____ (2007c). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-79/059-076-National%20legislative%20and%20regulatory%20activities.pdf>>. Acesso em: 14.out.2011.

_____ (2008) Disponível em: <http://www.oecd-nea.org/law/nlbf/documents/119_134_NationallegislativeRegulatoryActivities.pdf>. Acesso em: 20.out.2011.

_____ (2010). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/>>. Acesso em: 22.out.2010.

NLM - **Nuclear Liabilities Management**. VAALPUTS (2005). Disponível em: <<http://www.radwaste.co.za/vaalputs.htm>>. Acesso em: 19.out.2011.

NM - **Nuclear Market** (2002). Disponível em: <<http://www.nuclearmarket.com/suppliers/details2.cfm?IDcompany=2386>>. Acesso em 14.out.2011.

NNR - **National Nuclear Regulator** (2010). Disponível em: <<http://www.nnr.co.za/>>. Acesso em 12.out.2011.

NRC - **United States Nuclear Regulatory Commission** (2009). DOE's License Application for a High-Level Waste Geologic Repository at Yucca Mountain. Disponível em: <<http://www.nrc.gov/waste/hlw-disposal/yucca-lic-app.html>>. Acesso em: 20.out.2010.

NTI - **Nuclear Threat Initiative** (2004). National Nuclear Safety Administration – NNSA. Disponível em: <<http://www.nti.org/db/china/nnsa.htm>>. Acesso em 18.out.2011.

_____ (2011a). China National Nuclear Corporation – CNNC. Disponível em: <<http://www.nti.org/db/china/cnnc.htm>>. Acesso em 18.out.2011.

_____ (2011b). Disponível em: <<http://www.nti.org/db/china/sptfuel.htm>>. Acesso em 18.out.2011.

NUCLEP - **Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.** (2011). Disponível em: <http://www.nuclep.gov.br/a_nuclep_empresa.htm>. Acesso em 14.mai.2011.

NUMO - **Nuclear Waste Management Organization of Japan** (2011). Disponível em: <http://www.numo.or.jp/en/jigyounew_eng_tab02.html>. Acesso em 14.mai.2011.

NWA - **Nuclear Weapon Archive**. The Manhattan Project (and Before) (1999). Disponível em: <<http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Med/Med.html>>. Acesso em 14.mai.2011.

OCDE - **Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico** (2010). Disponível em: <http://www.oecd.org/home/0,2987,en_2649_201185_1_1_1_1_1,00.html>. Acesso em: 19.out.2010.

_____, 2011. Disponível em http://www.oecd.org/document/7/0,3746,en_2649_201185_1915847_1_1_1_1,00.html>. Acesso em: 18.out.2011.

OUZOUNIAN, G.; Status of the CIGEO project in France. **United States Nuclear Waste Technical Review Board**. Disponível em: <<http://www.nwtrb.gov/meetings/2010/oct/ouzounain.pdf>>. Acesso em: 19.out.2010.

OPG - **Ontario Power Generation**. The Deep Geologic Repository (2010). Disponível em: <<http://www.opg.com/power/nuclear/waste/dgr/index.asp>>. Acesso em: 16.out.2010.

PARÁ. **Constituição Estadual do Pará** (1989). Disponível em: <<http://www.pa.gov.br/constituicao.asp>>. Acesso em: 20.nov.2009.

PARAÍBA. **Constituição Estadual da Paraíba** (1989). Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/>>. Acesso em: 20.nov.2009.

PARANÁ. **Constituição Estadual do Paraná** (1989). Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=iniciarProcesso&tipoAto=10&retiraLista=true>> Acesso em 20.dez.2011

PATTERSON, W.C,1985. **Going Critical An Unofficial History of British Nuclear Power**. Disponível em :<<http://www.waltpatterson.org/goingcritical.pdf>>. Acesso em: 20.out.2009.

PERNAMBUCO. **Constituição Estadual de Pernambuco** (1989). Disponível em :<<http://www.tce.pe.gov.br/sistemas/constituicao-estadual/>>. Acesso em 20.nov.2007.

PIAUI. **Constituição Estadual do Piauí** (1989). Disponível em :< <http://www.alepi.pi.gov.br/legislacao.asp>>. Acesso em: 20.nov.2009.

PIMENOV, M.K.; 1980. MURANO, T., ASANO, T.; MATSUBARA, N.; Basic regulatory requirements for carrying out investigations, reasoning and the approving of the disposal of radioactive and other industrial waste in geological formations in the U.S.S.R. **International Atomic Energy Agency. Regulatory Aspects of Underground Disposal of Radioactive Waste**. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_230_web.pdf . Acesso em: 15.ago.2010.p. 11-2; p. 21-37.

PITTMAN, J.; New Mexico Nuclear Waste Repository Celebrates 5-year anniversary **Pllogic** (2009). Disponível em: <http://www.pllogic.com/products/downloads/NewMexico%20Nuclear%20Waste.pd>. Acesso em: 15.ago.2010.

POLVANI, C. "Objectives, Concepts and Strategies for Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power Programmes". **Nuclear Law Bulletin** (1977). Disponível em:<<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/NLB-20-EN.pdf>>. Acesso em 14.ago.2011.

POSIVA - **Posiva** (2010). Disponível em: <http://www.posiva.fi/em/research_development/onkalo/>. Acesso em: 22.out.2010.

POWER-TECNOLOGY - **Power-Tecnology** (2010). Disponível em: <<http://www.power-technology.com/projects/barseback/>>. Acesso em: 29.out.2011.

RADON - **Radon** (2010). Disponível em :<<http://www.radon.ru/>>. Acesso em 06.ago.2011.

RAJ, K.; PRASAD, K.K.; BANSAL, N.K. . Radioactive waste management practices in India. **Nuclear Engineering and Design**. Volume 236, Ed 7-8, India's Reactors: Past, Present, Future, Elsevier, Abril 2006, p. 914-930 Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029549306000859>>. Acesso em: 12.mai.2011.

RIO DE JANEIRO. **Constituição Estadual do Rio de Janeiro** (1989). Disponível em :<<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/constest.nsf/indexInt?OpenForm>>. Acesso em: 20.nov.2009.

RIO GRANDE DO NORTE. **Constituição Estadual do Rio Grande do Norte** (1989). Disponível em :< http://www.al.rn.gov.br/legislacao/constituicao_estadual/constituicao_estadual.pdf>. Acesso em : 20.nov.2009.

RIO GRANDE DO SUL. **Constituição Estadual do Rio Grande do Sul** (1989). Disponível em :< <http://www.al.rs.gov.br/prop/Legislacao/Constituicao/constituicao.htm>>. Acesso em : 20.nov.2009.

ROBINSON, P.; Impacts of uranium mining in Krasnokamensk. Environmental damage and policy issues in the uranium and gold mining districts of Chita Oblast in the Russian Far East: A Report on existing problems at Baley and Krasnokamensk and policy needs in the region. **Southwest Research and Information Center - SRIC** (1996) . Disponível em: <<http://www.sric.org/mining/docs/Chitafin.html>>. Acesso em 15, jul.2011.

RONDÔNIA. **Constituição Estadual de Rondônia** (1989). Disponível em :< http://www.camara.gov.br/internet/interacao/constituicoes/constituicao_rondonia.pdf>. Acesso em : 20.nov.2009.

ROSATOM - **Rosatom** (2010). Disponível em: <<http://www.rosatom.ru>>. Acesso em 22.jul.2011.

ROSRÃO - **RosRAO** (2011). Disponível em <http://www.rosrao.ru/wps/wcm/connect/rosrao/rosraosite/conversion/nuclear_scrap/>. Acesso em 22.jul.2011.

SANTA CATARINA. **Constituição Estadual de Santa Catarina** (1989). Disponível em: <<http://www.tre-sc.gov.br/legjurisp/constituicoes/index.html>>. Acesso em: 20.nov.2009.

SHIGUAN, Zhang; Review of Nuclear Legislation. **Nuclear Law Bulletin** (1987). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-40-EN.pdf>>. Acesso 14.jul.2010 p. 10

SAILER, M.; Nuclear waste repository case studies: Germany. **The Bulletin** (2008) Disponível em< <http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/nuclear-waste-repository-case-studies/nuclear-waste-repository-case-studies-germ>>. Acesso em: 20.out.2010.

SAGO - **South Africa Government Online** (2009). Disponível em: <<http://www.info.gov.za/view/DownloadFileAction?id=94446>>. Acesso em: 29.mai.2011.

SHAPAR, H. K.; License and regulation in nuclear waste. **Nuclear Law Bulletin** (1979). Nuclear Law Bulletin. Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-23-EN.pdf>>. Acesso em 20.out.2010.

SKB - **Svensk Kärnbränslehantering Ab** (2010). Disponível em:<<http://www.skb.se/f0a51b8e-d851-492c-a218-32bd7a857b1b.fodoc>>. Acesso em: 12.out.2011.

_____ (2011). Disponível em:<http://www.skb.se/upload/publications/pdf/Engelsk_low_res.pdf>. Acesso em: 12.out.2011.

STRASSBURG, W.; Legal problems arising in the Federal Republic of Germany in connection with the construction and management of radioactive waste final storage facilities by a third party. **Nuclear Law Bulletin** (1978). Disponível em:<<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-22-EN.pdf>>. Acesso em: 12.nov.2010.

STROHLL, P.; Legal, administrative and financial aspects of long term management of radioactive waste. **Nuclear Law Bulletin** (1977). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-21-EN.pdf>>. Acesso em: 12.nov.2010.

_____, in Radioactive waste Management Ethics, law and policy. **Nuclear Law Bulletin** (1990). Disponível em: <<http://www.nea.fr/law/nlb/NLB-46-EN.pdf>>. Acesso em: 12.nov.2010.

TENNENBAUM, J.; **Energia Nuclear: Dínamo da reconstrução econômica mundial**. Rio de Janeiro. Capax Dei. 2009 p 23-30.

THE BLUERIBBAND – **Theblueriband** (2010). Disponível em: <<http://www.theblueriband.com/thehalestrophy.html>>. Acesso em: 22.nov.2010.

THE LIVINGMOON – **The livingmoon** (2001). Nevada Test Site. Disponível em: <http://www.thelivingmoon.com/45jack_files/03files/Yucca_Mountain_Facility.html>. Acesso 11.jul.2011

TOMAZ, L. Laércio Tomaz “De quem é o lixo?”. **Conselho nacional de Técnico em Radiologia**. Disponível em: <<http://www.conter.gov.br/imprimir.php?pagina=noticias&id=146>>. Acesso em 15.out.2011

UNECE - **United Nations Economic Comission for Europe** (2009). Disponível em: <http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr_e.html>. Acesso em: 22.out.2010.

UNEP - **United Nations Environment Programme**. Disponível em: <<http://www.unep.org>>. Acesso em: 14.dez.2006.

UOL – **Universo On Line**. Economia. Disponível em: <<http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/yuan-china-principal.jhtm>>. Acesso em: 07.jul.2012.

USDOE - **United States Department of Energy** (2005). Disponível em: <<http://nuclear.energy.gov/pdfFiles/History.pdf>>. Acesso em: 22.out.2010.

VERLINI. G.; Lessons on Radioactive Waste and Spent Fuel Management. **International Atomic Energy Agency** (2010). Disponível em: <<http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2010/radwaste.html>> Acesso em: 14.ago.2010.

VORWEK, Axel; The 2002 Amendment to the German Atomic Energy Act concerning the phase-out of nuclear power. **Nuclear Law Bulletin** (2002). Disponível em: <<http://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-69/nlb69-vorwerk.pdf>>. Acesso em: 12.out.2011.

WANG. J.; High-level radioactive waste disposal in China: update 2010 . **Journal of rock mechanics and geotechnical engineering** (2009). Disponível em: <<http://202.127.156.15/qikan/manage/wenzhang/2010-01-01.pdf>>. Acesso em: 12.out.2011.

WNA - **World Nuclear Association** (2010a). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf54.html>>. Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010b). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf43.html>>. Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010c). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=344&terms=japan>>. Acesso em: 14.ago.2010. não há no trabalho

_____ (2010d). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf40.html>>. Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010e). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf84.html>>. Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010f). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf42.html>>. Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010g). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=26576&terms=russia>> Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010h). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=338&terms=india>> Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010i). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=26187&terms=china>> Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010j). Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=372&terms=south%20africa#Note_j> Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2011a). Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/education/nfc.htm>> Acesso em: 22.fev.2011.

_____ (2011b). International Nuclear Waste Disposal Concepts. Disponível em: <<http://world-nuclear.org/info/inf21.html>>. Acesso em: 14.ago.2011.

WNN - **World Nuclear News** (2009). Disponível em: <<http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=24743>>. Acesso em: 14.ago.2010.

_____ (2010). Disponível em: <http://www.world-nuclear-news.org/WR_Bill_to_liquidate_the_nuclear_waste_fund_2704092.html>. Acesso em: 14.ago.2010.